

**ESTUDI ESTRUCTURAL DE L'ORIGEN DE LES LESIONS DE LA CÚPULA DE SANT ANDREU DEL PALOMAR I PROPOSTA D'INTERVENCIÓ**



<b>Projectista/es:</b>	Maria Amparo Lecha Gargallo
<b>Director/s:</b>	Joan Ramon Rosell Amigó
<b>Convocatòria:</b>	Juny 2011



## 0 RESUM

L'objectiu d'aquest Projecte Final de Grau és estudiar el comportament estructural de la cúpula de Sant Andreu del Palomar per poder determinar quin és l'origen de les lesions que aquesta presenta, i amb això poder fer una proposta d'actuació el més adequada possible.

Per a aquest estudi la metodologia emprada és la identificació detallada de les lesions mitjançant un aixecament gràfic i fotogràfic, el plantejament conceptual d'una sèrie d'hipòtesis que poden produir-les i la modelització d'aquestes hipòtesis mitjançant el mètode dels elements finits amb el software adequat.

Els resultats d'aquest estudi ens confirmen que l'efecte més determinant per a l'aparició de les esquerdes en la cúpula estudiada és el gradient tèrmic existent entre la cara exterior, exposada a l'impacte solar directe, i la cara interior, que no ho està, lligat a una geometria complexa amb rigideses variables.

Amb això, es defineix la necessitat d'intervenir, per garantir l'estabilitat de la cúpula, i es planteja un reforç interior que pugui assumir les traccions detectades.

Les conclusions que es poden extreure són que amb geometries complexes és difícil entendre el comportament que poden tenir front a les diferents sol·licitacions a les que estan exposades i que en aquests casos els models d'elements finits poden ser de gran ajuda, sempre i quan s'introdueixin les variables adequades.

ÍNDEX		8 CONCLUSIONS	32
0 RESUM	1	9 BIBLIOGRAFIA	33
1 INTRODUCCIÓ	3	9.1 BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA	33
2 L'ESGLÉSIA DE SANT ANDREU DEL PALOMAR	4	10 AGRAÏMENTS	34
2.1 DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA	4	11 ANNEXES	35
2.2 DESCRIPCIÓ CONSTRUCTIVA	5	A1. ANNEX 1. RESUM PLÀNOLS DEL PROJECTE EXECUTIU	35
2.3 CONTEXT HISTÒRIC	9		
3 AIXECAMENT	11		
3.1 AIXECAMENT DE LESIONS	11		
3.2 PROGRAMA DE CALES	16		
4 HIPÒTESIS DE TREBALL	17		
4.1 MARC TEÒRIC	17		
4.1.1 EL COMPORTAMENT RESISTENT	17		
4.1.2 ELS MECANISMES DE DANY	17		
4.2 REFERÈNCIES	18		
4.3 PRIMERES HIPÒTESIS I PRIMERES CONCLUSIONS	19		
5 MODELS D'ANÀLISI	20		
5.1 MÈTODE DEL ELEMENTS FINITS (MEF)	20		
5.2 PARÀMETRES DE CàLCUL EMPRATS	20		
5.2.1 ELS MATERIALS	20		
5.2.2 ESTATS DE CàRREGA	20		
5.3 CàRREGUES GRAVITATÒRIES	21		
5.4 ACCIÓ DEL VENT	22		
5.5 DILATACIÓ TÈRMICA	23		
5.6 GRADIENT TÈRMIC	24		
5.7 MODEL TRIAT I LA REALITAT OBSERVADA	26		
6 DIAGNÒSTIC	29		
6.1 NECESSITAT D'INTERVENIR EN LA CÚPULA	29		
7 PROPOSTA D'INTERVENCIÓ	30		
7.1 ACTUACIONS EN LA CÚPULA	30		
7.2 ALTRES ACTUACIONS	31		
7.2.1 LLANTERNA	31		
7.2.2 PASSERA	31		
7.2.3 REPARACIONS LOCALS	31		



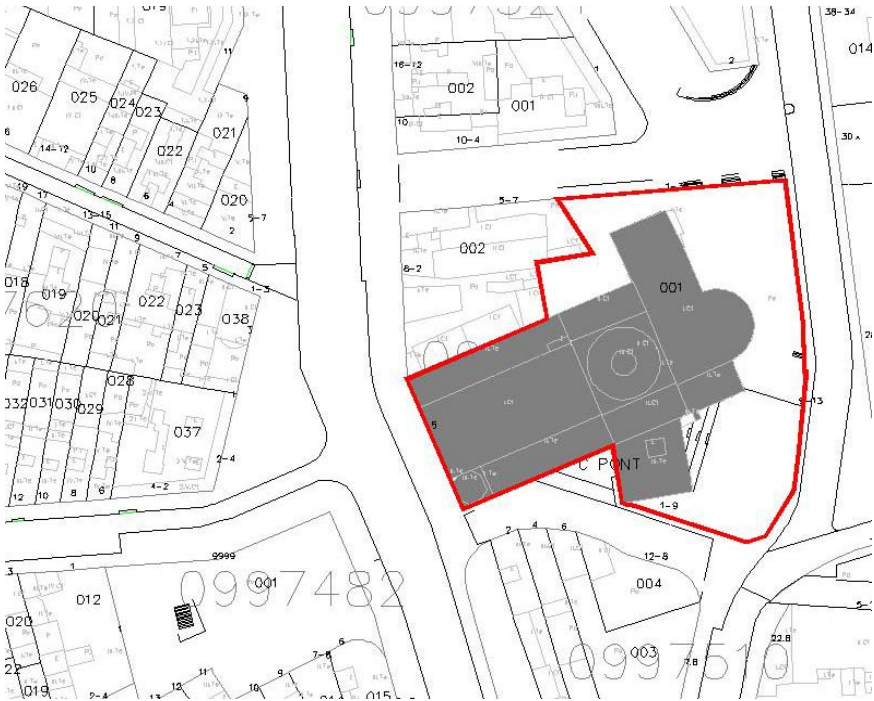
1 INTRODUCCIÓ

El present treball es tracta d'un Projecte Final de Grau amb la modalitat *Practicum*, basat en el Projecte Executiu realitzat dintre de l'equip de Consultors BIS Arquitectes per a la Consolidació Estructural de la Parròquia de Sant Andreu del Palomar, situada a la plaça Orfila 1 al districte de Sant Andreu de Barcelona.

L'encàrrec el va realitzar l'Arquebisbat de Barcelona, propietari de l'edifici, al març de 2010, i es va desenvolupar durant els mesos d'abril a octubre de 2010. Actualment resta pendent l'execució de l'obra que està en procés de sol·licitud de llicència i licitació.

Tot i que l'abast de l'encàrrec de Consultors BIS Arquitectes correspon a la parròquia en general, en aquest treball es tracta detalladament la part corresponent a la zona de la Cúpula, on es troben les principals lesions.

Així doncs, l'objectiu és estudiar el comportament estructural de la Cúpula de Sant Andreu del Palomar per poder determinar quin és l'origen de les lesions que aquesta presenta, i amb això, poder fer una proposta d'actuació el més adequada possible.



Emplaçament  
Location



Vista aèria del barri de Sant Andreu  
Aerial view of the district of St. Andrew

1 INTRODUCTION

*This paper is a Final Degree Project, based on the executive project made within the BIS Arquitectes team for the structural rehabilitation of the Dome of St. Andreu del Palomar, located in the Plaza Orfila 1 to Sant Andreu district of Barcelona.*

*The assignment was made by the Archbishop of Barcelona, owner of the building in March 2010 and was developed during the months from April to October 2010. Currently pending execution of the work is in the process of application for license and tender.*

*Although the scope of the order of Bis Arquitectes corresponds to the whole building in general, this work is detailed in the corresponding area of the Dome, where occurs the main pathologies.*

*Thus, the aim is to study the structural behavior of the Dome of St. Andreu at Palomar to determine the origin of the lesions that show, and with that, a proposal to make the best possible performance.*



Vista exterior de l'església  
Exterior of the church



Vista aèria de l'església  
Aerial view of the church



## 2 L'ESGLÉSIA DE SANT ANDREU DEL PALOMAR

### 2.1 DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA

L'església consta d'una nau central, on està situat l'accés principal, i dues de laterals. Totes tres naus es desenvolupen al llarg de sis crugies.

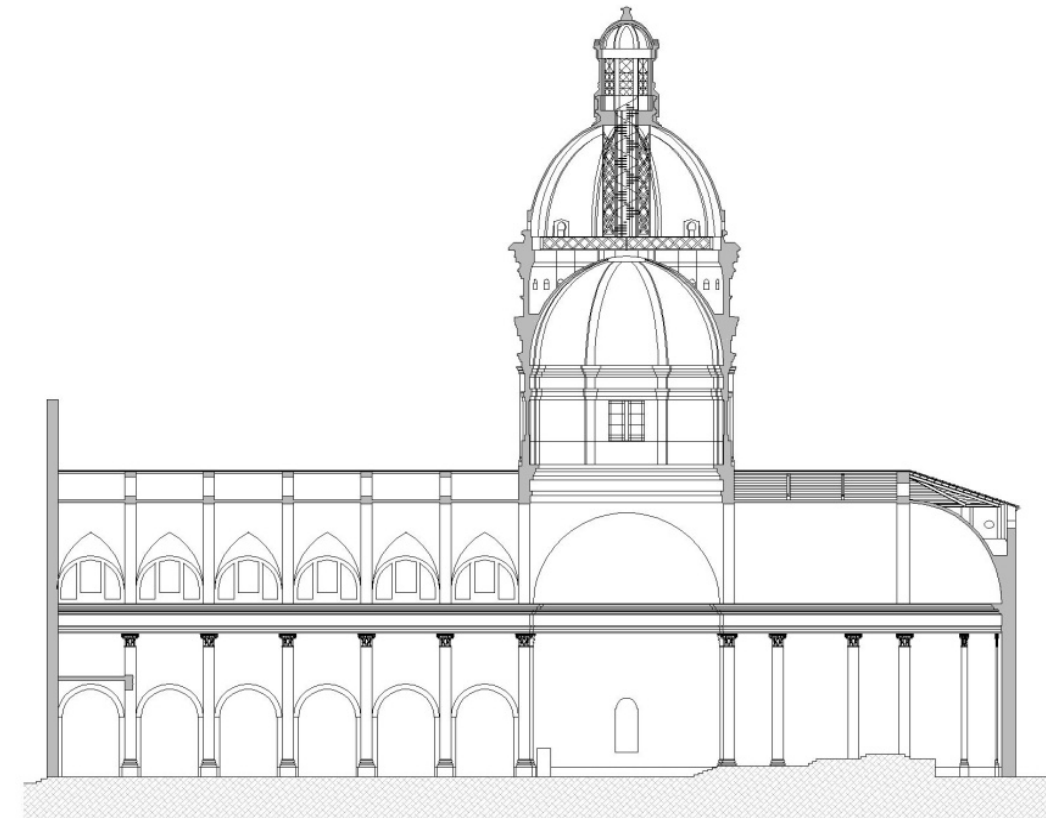
A continuació, situat perpendicularment al cos anterior, trobem el transsepte que recull el tambor que suporta la cúpula i la llanterna. Aquest darrer volum no sobresurt en planta dels límits definits pel volum principal.

Després del transsepte, trobem l'altar que estar format per la continuació de la nau central i que queda rematada per l'absis semicircular.

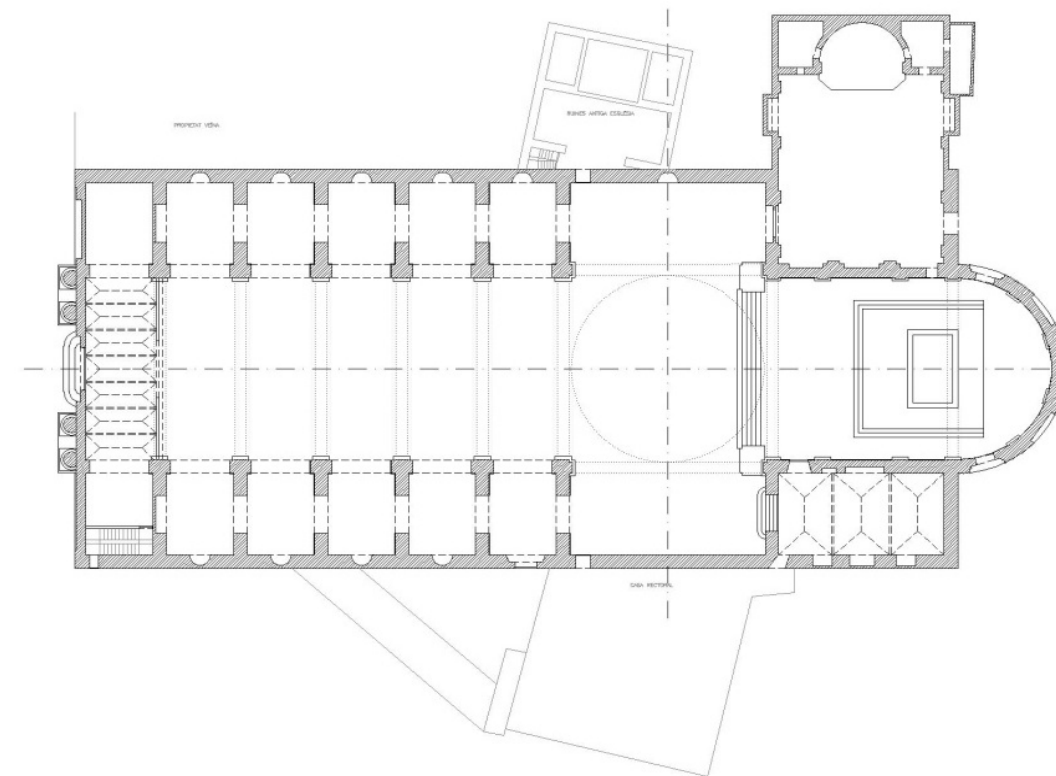
Adossades al temple, existeixen dues construccions. Situat al sud de l'altar, trobem la sagristia. Es tracta d'un edifici de planta baixa més 1 que no sobrepassa els límits definits pel volum principal en planta.

A la banda oposada al cos anterior (Nord), trobem la Capella del Santíssim.

Annex a la església i com edificació totalment independent al conjunt en estudi, es troba la casa rectoral; les dues edificacions es comuniquen a través de la sagristia, essent aquest un accés d'ús intern, de manteniment i neteja.



*Secció longitudinal*  
*Longitudinal section*



*Planta església*  
*Church plant*

## 2 THE CHURCH OF SANT ANDREU DEL PALOMAR

### 2.1 ARCHITECTURAL DESCRIPTION

The church has a central nave, where is located the main entrance, and two neves located to the sides. All three buildings are developed over six bays.

Then, the transept is placed perpendicular and collects the drum which supports the dome and lantern. This latest volume does not exceed the limits defined by the floor of the main volume.

After the transept, we find that the altar is formed by the continuation of the nave and is topped by a semicircular apse.

Attached to the temple, there are two buildings. Located at the south of the altar, we find the sacristy. It consists on a building with ground floor plus 1 that does not exceed the limits defined by the floor of the main volume.

On the opposite side of the previous body (north), we find the Chapel of the Blessed Sacrament.

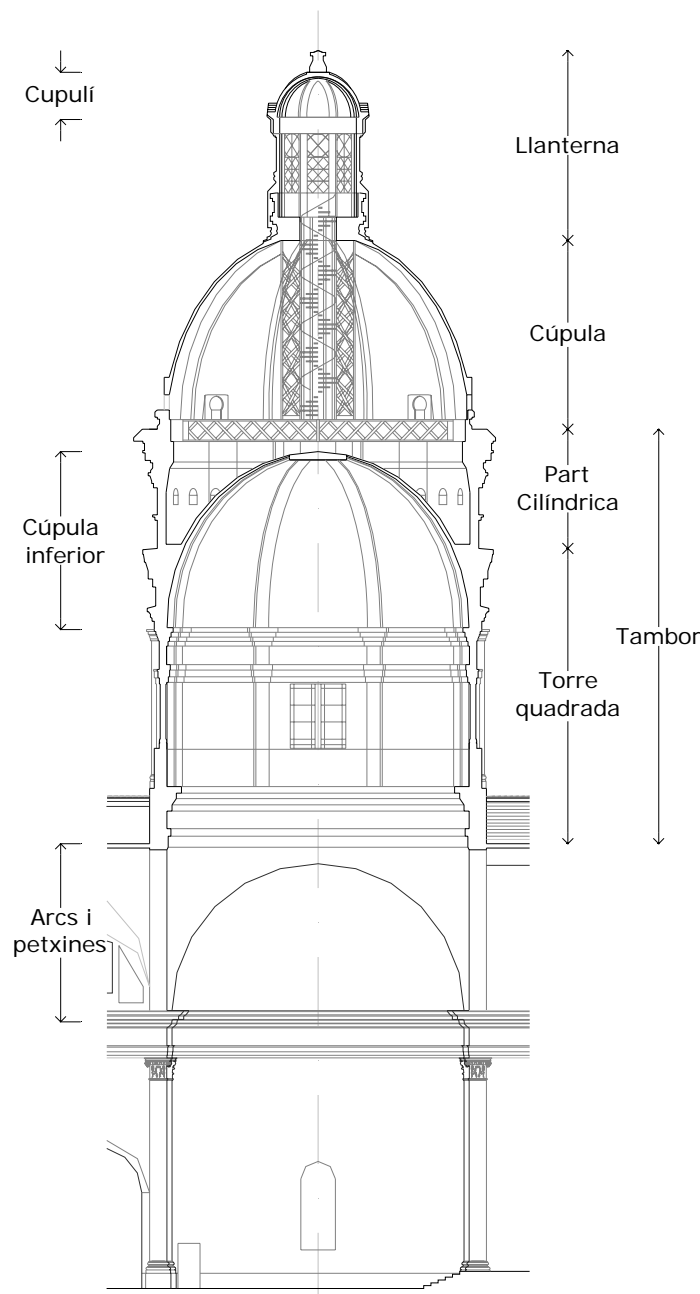
Annex to the church building, there we find the rectory. The two buildings are connected through the sacristy, whose access is for internal use, maintenance and cleaning.

2.2 DESCRIPCIÓ CONSTRUCTIVA

Com s’ha indicat, la zona de l’església en la que es posarà més èmfasi, és la corresponent a l’àmbit de la cúpula, pel que a continuació de descriuen més detalladament les part que el formen.

2.2 CONSTRUCTIVE DESCRIPTION

As noted, the study area corresponds to the dome, as described below in more detail.



Secció zona cúpula  
Section dome area

• Llanterna:

Es tracta d'un element d'uns 6.6m d'altura, de planta cilíndrica i rematat per una cúpula que salva una llum d'uns 3.8m. La llanterna està formada per un cupulí, un cercol d'arrencada d'aquest últim i 8 pilars de recolzament.

Aquest element és que el corona l'alçada total de l'església a uns 57m.

Les cales realitzades han permès comprovar que l'estructura principal de la llanterna és metàl·lica. Així doncs, el cupulí recolza sobre 8 pilars metàl·lics formats per quatre perfils en L units per passamans metàl·lics i reblons. A la part superior dels pilars, un cercol metàl·lic recolzat sobre els caps dels pilars permet l'arrencada del cupulí de remat a la vegada que evita que aquesta tingui tendència a obrir-se.

El cupulí està format per una sèrie de nervis metàl·lics de secció variable que coincideixen amb el ritme dels pilars. Sobre d'aquests nervis trobem el cupulí resolt amb una volta catalana de gruix desconegut.

L'estructura d'aquest cos es recolza simultàniament sobre la volta de la cúpula i sobre els pilars metàl·lics que defineixen el buit per on circula l'escala que dona accés a la llanterna.

Des d'un punt de vista arquitectònic, es tracta d'un element molt ornamentat que combina elements prefabricats com les baranes amb acabats de maó arrebossat amb morter de calç.

• Lantern:

It is about 6.6 meters tall, cylindrical floor and topped by a dome span of 3.8 meters. The lantern consists of a dome, a ring and 8 pillars of support.

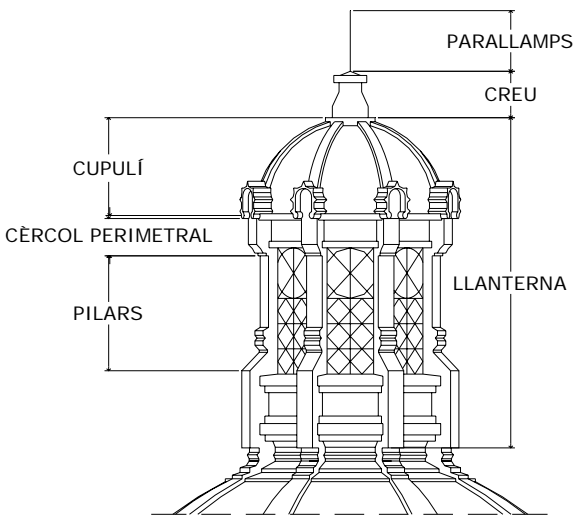
This element is the highest one, that makes the church 57 meters height.

The test pit have revealed that the main structure of the lantern is made of metal. Thus, the dome rests on eight pillars formed by four metal L profiles joint together by handrails and metal rivets. At the top of the pillars, a metal hoop provides the beginnig of dome cap at the same time that prevents his tendency to open.

The dome consists of a series of metal nerves of variable section that matches the position of the pillars. Above these nerves we find the dome which is built of Catalan vault of unknown thickness.

The structure of this body rests simultaneously around the dome and the metal pillars that define the gap through which the stairs lead to the lantern.

From an architectural point of view, this is a very ornate element, that combines prefabricated elements such as railings which are finished with brick plastered with lime mortar.



Alçat llanterna  
Section of lantern



Vista exterior de la llanterna  
Exterior view of the lantern



- **Tambor:**

Es tracta de l'element que suporta la cúpula. En aquest és on es realitza la transició de la planta rectangular a la circular mitjançant quatre petxines. A la part superior d'aquestes petxines continuen uns murs rectes per fora del tambor, que formen uns espais on estan situades les escales d'accés al espai entre les dues cúpules.

Tant el tambor com els murs de les petxines són de maó massís, només revestits a l'interior de l'església, i les petxines són de rajola ceràmica, també revestides i pintades.

L'espessor del mur del tambor és variable, anat des de 45cm en els punts més primers a 75cm en els més gruixuts.

- **Cúpula inferior:**

Pel que fa a la cúpula inferior, està situada per sota de la cúpula exterior, dona cobertura a l'església i fa que existeixi l'espai on es troba l'estructura metàl·lica. També es recolza en el tambor circular.

La seva forma és sensiblement semiesfèrica i està realitzada amb varis gruixos de rajola ceràmica. Per la part inferior està revestida i pintada.

- **Drum:**

*It is the element that supports the dome. This is where the transition is made from rectangular to circular with four shells. On top of these shells are placed straight walls that continuous out of the drum, which creates spaces where are located the stairs that leads to the space between the two domes.*

*Both the drum and the walls of the shells are of brick, covered only inside the church, and the shells are made of ceramic tiles which are also coated and painted.*

*The thickness of the wall of the drum is variable from 45cm in the most thin to 75cm in thicker.*

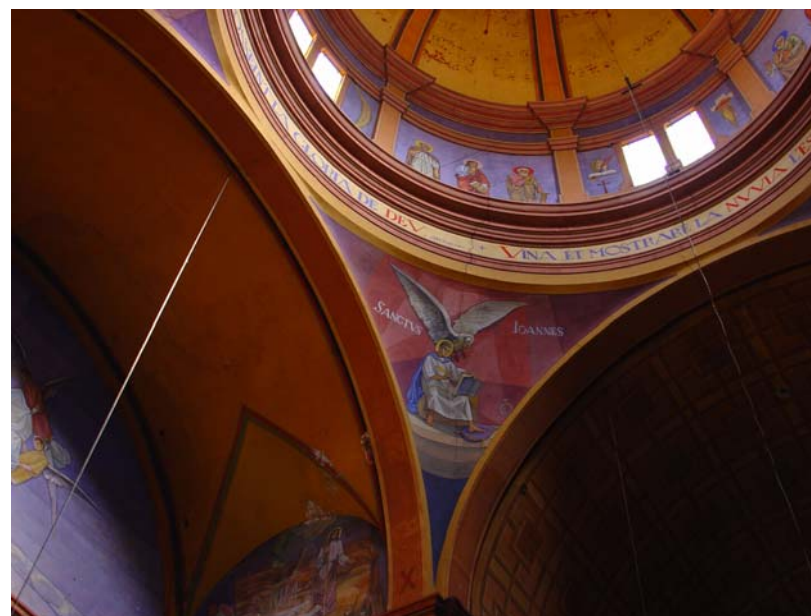
- **Lower Dome:**

*As for the lower dome, which is located beneath the outer dome, it covers the church and makes the space where exists the metal structure. It also rests on the drum loop.*

*Its shape is substantially hemispherical and is made with several layers of ceramic tile. On the bottom is coated and painted.*



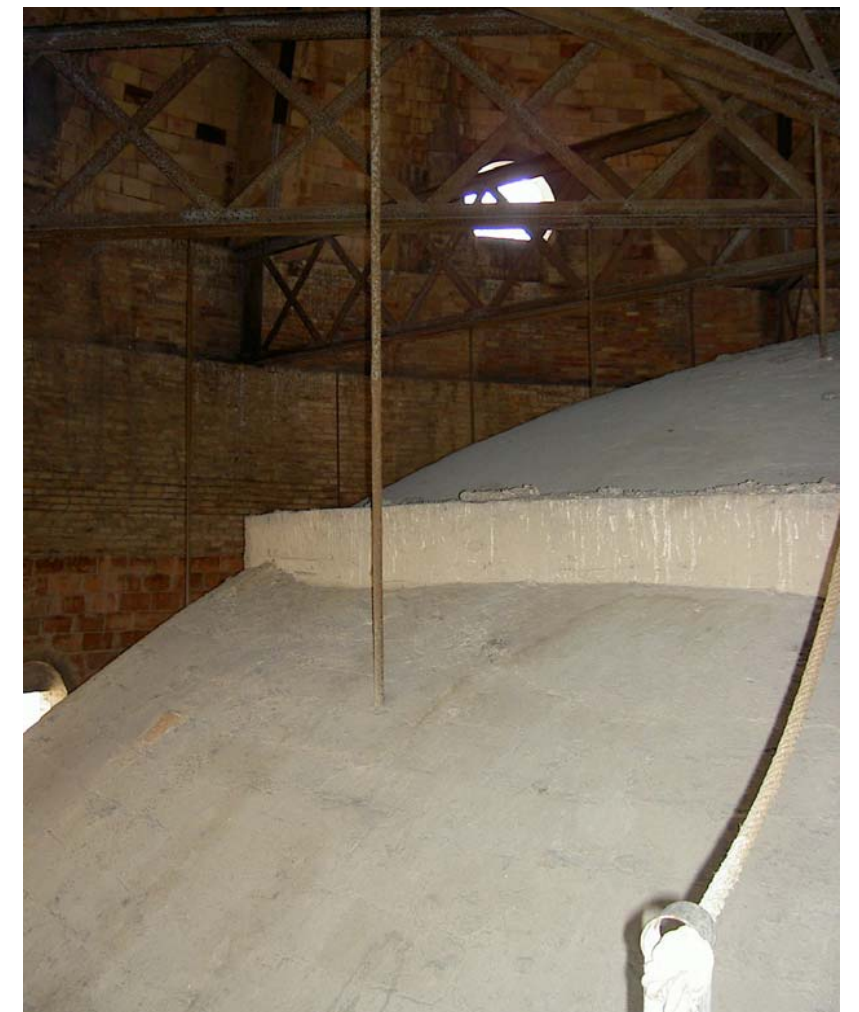
*Vista de la part superior del tambor, entre les dues cúpules*  
View from the top of the drum, between the two domes



*Vista del tambor i les petxines des de l'església*  
View of the drum and the shells from the church



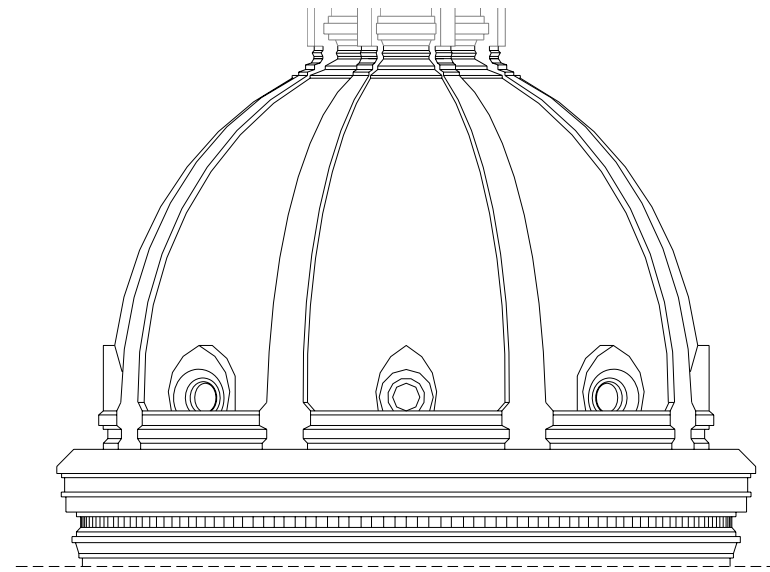
*Vista de la cúpula interior des de l'església*  
View of the dome from inside the church



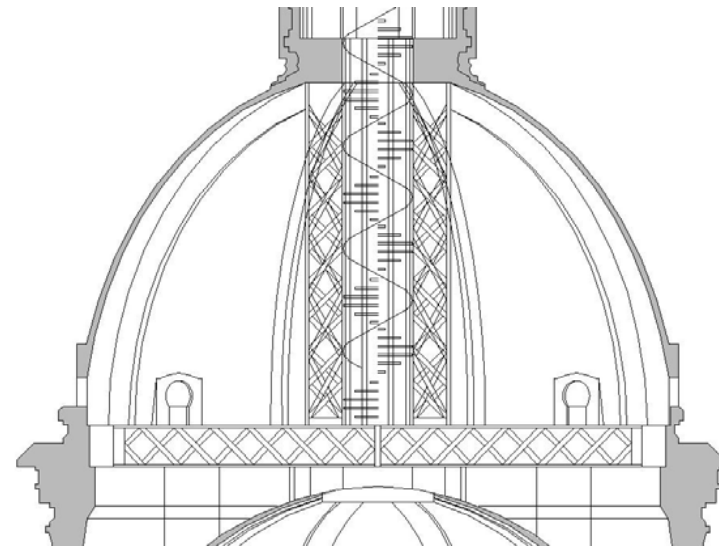
*Vista de la cara superior de la cúpula interior*  
View of the upper face of the inside dome



- **Cúpula:**



*Alçat exterior cúpula*  
Exterior dome



*Secció cúpula*  
Section dome

Suportant la llanterna, es troba la cúpula que té uns 13.8m de diàmetre i uns 8.25m d'altura, situant-se el seu arrencament a uns 40m d'alçada. .

Es tracta d'un element que es caracteritza per tenir una doble estructura: la ceràmica i la metàl·lica que col·laboren en el suport de la llanterna tot i que és la volta ceràmica l'element que s'emporta més càrrega ja que és molt més rígida.

La part ceràmica es forma per:

- 8 galions de volta ceràmica de 22cm de gruix formats per una capa de rajola ceràmica de 1.5cm de gruix i tres capes de maó massís de 4cm de gruix. Entre cada una de les capes ceràmiques un gruix d'uns 2cm de morter de calç assegurant la unió entre aquestes.

- Els nervis exteriors de la cúpula, que apareixen entre els galions, a mode de reforços radials de l'estructura coincidint amb els pilars de suport de la llanterna. Es tracta d'elements d'uns 42cm de gruix total i 100cm d'amplada a la part inferior, de composició similar a la resta de la cúpula, però reforçada amb dues capes més de maó massís de 4cm i una de rajola de 1.5cm.

La major part de la superfície exterior de la cúpula està recoberta amb ceràmica vidrada tot i que també existeixen frisos i remats acabats amb arrebossats de morter de calç.

Dintre de la cúpula trobem una estructura metàl·lica que contribueix a suportar la llanterna i l'escala de cargol que dona accés a aquesta. Aquesta estructura està formada per tres grups d'elements diferents:

- Jàsseres: Tota l'estructura metàl·lica es recolza sobre 8 jásseres que descansen sobre el perímetre del tambor i que es troben en el centre de la planta circular d'aquest element. Totes les jásseres són iguals i tenen un cantell de 100cm. Es tracta de jásseres metàl·liques en gelosia formades per quatre perfils en L100.8 units per passamans i reblons en grups de 2 formant les ales superior i inferiors. Aquests elements salven unes llums d'uns 13.5m.

- Pilars: En el punt de trobada de les jásseres trobem l'arrencada de l'ànima de l'escala de cargol i, al voltant d'aquesta i recolzant-se sobre les anteriors jásseres, una sèrie de pilars disposats radialment. Tot i que no s'ha pogut verificar, donat que la posició dels pilars de suport de la llanterna és pràcticament coincident amb els de la cúpula, l'estructura metàl·lica vertical deu ser continua.

Com en el cas de les jásseres, els pilars estan formats per quatre L unides per passamans. En aquest cas, es tracta de 4 L70.8 amb un cantell màxim de 90cm. Per evitar el vinclament en l'altre sentit, els pilars s'han arriostrat entre ells mitjançant passamans metàl·lics i els graons que formen l'escala.

- Arcs (nervis): Seguint la geometria de la cúpula es disposen 8 arcs que descansen sobre el perímetre del tambor. Es tracta de nervis de 55cm de cantell. Els arcs estan formats per perfils metàl·lics engaltats amb peces ceràmiques de 1.5cm. Els perfils metàl·lics estan formats per 4 L100.8, units per passamans i reblons.

- **Dome:**

*Supporting the lantern, there is the dome that has a diameter of 13.8m and a 8.25m high, hovering around his beginnig at his 40m high.*

*It is characterized by a dual structure: the ceramic and metal that work together to support the lantern, but it is the ceramic element that gets more load as it is much more rigid.*

*The ceramic part is formed by:*

- 8 galleons of ceramics vault of a 22cm built with a thick layer of ceramic tiles of 1.5cm thick and three layers of brick of 4cm thick. Between each of the ceramic layer there is a thickness of about 2cm in lime mortar to ensure unity among them.

- The nerves outside of the dome, which are among the galleons, as a radial structural reinforcement matches with the pillars supporting the torch. It features about 42cm thick and 100cm total width at the bottom, similar in composition to the rest of the dome, but reinforced with two layers of brick and tile from 4cm to 1.5cm .

*Most of the outer surface of the dome is covered with glazed ceramic although there are friezes and finishes coated with lime mortar.*

*Inside the dome there is a metal structure which contributes to support the lantern and the spiral stairway leading to it. This structure consists of three different groups of elements:*

- Trusses: All the metal structure is based on eight beams that rest on the perimeter of the drum and that joint in the center. All beams are equal and have a depth of 100cm. These metallic lattice girders are formed by four L100.8 profiles joined by rivets and handrails in groups of 2 to form the upper and lower wings. These structural elements save spans of around 13.5m.

- Pillars: In the meeting point of the beams we can find the beginning of the soul of the spiral staircase, and around this and relying on the old beams, a series of columns arranged radially. Although it could not be verified, just because the position of the pillars supporting the lantern is virtually coincident with the dome, the vertical metal structure should be continued.

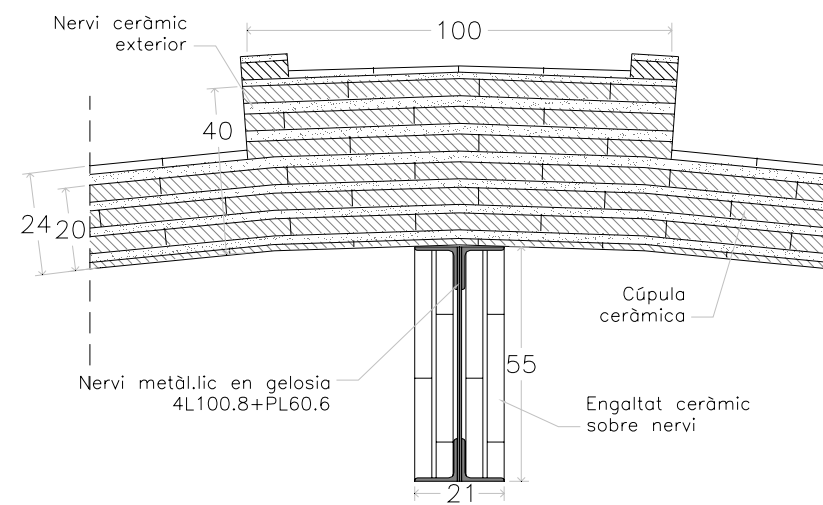
*As in the case of beams, pillars are formed by four L profiles attached to railings. In this case, it consists of 4-L70.8 with a maximum depth of 90cm. To avoid buckling in the other direction, the pillars were braced each other with metal railings and steps that shapes the scale.*

- Arcs (nerves): Following the geometry of the dome there are eight arches that rest on the perimeter of the drum. These nerves are of 55cm depth. The arches are made of metal sections together with ceramic pieces of 1.5cm. The metal sections are formed by 4 L100.8 profiles, joined by rivets and handrails.





*Vista exterior de la cúpula, abans d'estar protegida per la xarxa*  
 Exterior view of the dome, before being covered by the network



*Secció constructiva del nervi*  
 Constructive section of the nerve



*Vistes interiors de la cúpula*  
 Inside of the dome



## 2.3 CONTEXT HISTÒRIC

### 990-1850 Orígens

De l'any 966 tenim el primer esment documental més antic de l'existència del temple de Sant Andreu. I del 985 el primer on se'n parla de la seva destrucció a mans d'Al-Marred. I de l'any 990 conservem la primera referència a una parròquia pertanyent al temple de Sant Andreu.

Amb data del 992 Na Mel i l'abat Othó de Sant Cugat van heretar uns terrenys amb el topònim de Palomar (Cal dir que el mot palomar no és un castellanisme, atès que en aquells temps el català estava en ple període de formació i els coloms es coneixien tant per palumba com per columba, tots dos mots procedents del llatí). Geribert, el prevere del moment, va batejar l'església amb el nom de Sant Andreu (el nom del patró de la parròquia) de Palomar (les terres on es trobava) per evitar confusions amb altres temples amb el mateix nom.

L'any 1100 el bisbe Berenguer beneeix l'església, però 15 anys més tard es destruída per un atac almoràvit. Per aquestes raons, l'any 1131 l'arquebisbe sant Oleguer defineix els terrenys del temple i el 1132 el beneeix.

El 8 de juny de 1640 més de 3000 camperols i segadors, presidits per la imatge del Sant Crist (dels Segadors) de la parròquia de Sant Andreu de Palomar, es dirigeixen cap a Barcelona a protestar contra el virrei pels abusos dels soldats en el conegut Corpus de Sang. És per això que les restes d'aquell primer assentament, que es troben a la part nord de la nau, es coneixen com la Capella del Segadors.

### 1850-1904 Execució

L'any 1850 l'església es queda petita pèl creixement demogràfic de la població i es decideix reconstruir-la per ampliar-la. Se li dona l'encàrrec a l'arquitecte Pere Falqués i Urpí, andreuenc.

El dia del Corpus de 1881 s'inaugura l'absis, la sagristia, la capella, el creuer, el presbiteri i la cúpula. Però el 9 d'agost de 1882 cau la cúpula durant una celebració eclesiàstica, ocasionant 7 morts i 11 ferits.

Falqués abandona el càrrec i el substitueix l'arquitecte Josep Domènech i Estapà, que reconstrueix la cúpula, que queda acabada l'any 1885. L'any 1889 s'acaba el campanar i el 1904 la façana, projectada inicialment amb dos campanars dels que només se'n va arribar a construir un.

Per a la construcció de la nova cúpula va comptar amb la col·laboració de Joan Torras i Guardiola, arquitecte, especialista en un nou material que estava sorgint en força a tota Europa: l'acer laminat. El va incorporar en aquesta cúpula, com una mesura de seguretat afegida, per evitar que es repetís la catàstrofe anterior.

### 1909-2011 Manteniment i Reparacions

Durant la Setmana Tràgica de 1909 s'incendia l'església, que l'any següent, es restaura i es beneeix.

De nou, durant la Guerra Civil espanyola, el 1936, el temple és incendiat i fins el 1939 no és reconstruït, moment en que s'amplia la capella del Santíssim, obra de l'arquitecte Pere Benavent.

Entre 1954 i 1960 el pintor andreuenc Josep Verdaguer pinta els murals de l'església que encara avui es conserven.

Durant les obres de prolongació del metro de 1965 a 1967, es causen unes grans esquerdes al temple i fins 1981 no es comencen les obres de reparació que van durar fins 1985 i van permetre recuperar l'espai que no es feia servir per precaució.

A més s'han anat realitzant feines de manteniment a les cobertes i, després del despreniment d'un tros de nervi de la cúpula durant el mes de novembre de 2003, es van col·locar xarxes de protecció envoltant la cúpula i la llanterna.



**Josep Domènech Estapà** (Tarragona, 1858 – Cabrera de Mar, 1917) fou un important arquitecte català.

Va obtenir el títol el 1881, sent catedràtic de Geodèsia (1888) y de geometria descriptiva (1895) a la Universitat de Barcelona, i membre de la Real Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1883), que posteriorment va presidir (1914).

Autor, a Barcelona, de las reformes en l'església de Sant Andreu de Palomar (1881, substituint a Pere Falqués i Urpí), Teatre Poliorama (1883), Acadèmia de Ciències (1893), Palau de Justícia (1887-1908, amb Enric Sagnier i Villavecchia), Palau Muntaner, actual Delegació del Govern en Barcelona (1889-1896, amb Lluís

Domènech i Muntaner), Facultat de Medicina (1904), Presó Modelo (1904, amb Salvador Vinyals), l'asil per a cecs Amparo de Santa Lucía, posteriorment Museu de la Ciència de Barcelona i actual CosmoCaixa (1904-1909), Observatori Fabra (1906), Catalana de Gas (1908), església de Nostra Senyora del Carme i convent de Carmelites (1910-1921, acabat pel seu fill Josep Domènech i Mansana), Estació de la Magoria (1912), etc. Dirigi així mateix les obres del Hospital Clínic (1895-1906), sobre un projecte d'Ignasi C. Bartolí (1881).

Amb elements modificats dels estils clàssics va crear un estil propi, allunyat tant de l'eclecticisme com del modernisme del seu temps, però ben acceptat pels medis oficials. Autor de diverses publicacions, como *Tractat de geometria descriptiva* o *El modernisme arquitectònic* (1911).



**Joan Torras i Guardiola** (Sant Andreu de Palomar 1827 - Barcelona 1910) fou arquitecte i mestre d'arquitectes com Elies Rogent, Antoni Gaudí i August Font.

Fill d'un forner de Sabadell, va obtenir els títols de mestre d'obres i arquitecte l'any 1854. Dos anys més tard fou elegit membre numerari de la avui anomenada Reial Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi, i entrà com a professor a l'*Escola de Mestres d'Obres, Aparelladors, Agrimensors i Directors de Camins Veïnals de Barcelona*, que més endavant es convertiria en la prestigiosa Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona, d'on van sortir els arquitectes catalans del Modernisme.

En aquesta Escola impartí durant més de trenta anys matèries tècniques, principalment d'estructures metàl·liques i els càlculs de resistència, de gran importància a l'arquitectura de finals del segle XIX. Va fundar una empresa dedicada a grans construccions metàl·liques: *la Casa Torras, Herrería y Construcciones*.

Relacionades amb aquestes matèries, va fer obres com el canal de Sant Boi de Llobregat, la carretera de Can Tunis, el camí del Bogatell, el pont de peons de Sant Agustí a Girona o la gran bastida que es va utilitzar per construir el monument a Colom. El seu projecte pel pont de Girona va ser escollit abans dels que havien proposat La Maquinista Terrestre i Marítima o l'enginyer Gustave Eiffel.

També va fer cobertes i estructures metàl·liques per a mercats, com els de Lleida o Tortosa, i per a esglésies, com Sant Andreu del Palomar, el Seminari Conciliar, l'església del Pilar a Saragossa o la capella per a l'escola-convent de Jesús Maria, que avui és l'església de Sant Pacià, on hi col·laborà el seu alumne Antoni Gaudí.

2.3 HISTORICAL CONTEXT

Origins 990-1850

In the year 966 we have the oldest first documentary mention of the existence of the church of St. Andreu. And 985 of the first where we talk about its destruction at the hands of Al-Marred. And in the 990 we have the first reference to a temple belonging to the parish of St. Andreu.

Dated on the 992 Na Mel and the abbot Othó of St. Cugat inherited some land with the name of Palomar (Palomar word must be said that is not a spanglish word, since at the time was right in the Catalan period and pigeons were known as Palumbo as much for Columbia, both from the Latin words). Geribert, the priest at the time, baptized the church with the name of St. Andreu (the name of the patron saint of the parish) de Palomar (the land where he was) to avoid confusion with other churches with the same name.

On the Date 1100 Bishop Berenguer blesses the church, but 15 years later is destroyed by an Almoravid attack. For these reasons, in 1131 the Archbishop Oleguer defines the holy land of the temple and blesses it in the date 1132.

On 8 June 1640 more than 3,000 farmers and harvesters, chaired by the image of Christ (the Segadors) in the parish of Sant Andreu de Palomar, go to Barcelona to protest against abuses by the viceroy of the soldiers in the famous Corpus of Blood. That's why the remains of that first settlement, located on the north side of the ship, known as the Chapel of the Reapers.

1850-1904 Execution

In 1850 the church becomes small because of the growth of the population and it is decided to rebuild it to enlarge it. It gives the commission to the architect Pere Falqués Urpí, a citizen of San Andreu.

The day of Corpus Christi in 1881 were inaugurated the apse, the sacristy, the chapel, the transept, the presbytery and the dome. But on August 9, 1882 falls during a celebration church dome, causing 7 deaths, and 11 wounded.

Falqués resigned and replaced by the architect Josep Domènech Estapà, which reconstructs the dome and finish in 1885. In 1889 and 1904 the bell ends the facade, originally designed with two towers of which only one was never built one.

For the construction of the new dome had the collaboration of Joan Torras i Guardiola, architect, specializing in new material that was emerging in force across Europe: the rolled steel. He joined that material in the dome, as a measure of added security to prevent the repeated previous disaster.

1909-2011 Maintenance & Repairs

During the Tragic Week of 1909 the church burns, and the following year is restored and blessed.

Again, during the Spanish Civil War in 1936, the temple was burned and not rebuilt until 1939, when it extended the Blessed Sacrament Chapel, designed by the architect Pere Benavent.

Between 1954 and 1960 the painter Josep Verdaguer , citizen of Badalona, painted murals of the church that still remain.

The work on the subway extension from 1965 to 1967, causes large cracks in the house and until 1981 does not begin the repair work that lasted until 1985 and allowed to recover space that were not used as a precaution.

We have also been doing maintenance work on the covers and then the detachment of a piece of nerve from the dome during the month of November 2003 were put safety nets surrounding the dome and lantern.



**Josep Domènech Estapà** (Tarragona, 1858 – Cabrera de Mar, 1917) was an important Catalan architect. He graduated in 1881, being Professor of Geodesy (1888) and descriptive geometry (1895) at the University of Barcelona, and member of the Royal Academy of Arts and Sciences of Barcelona (1883), later president (1914) . Author in Barcelona of the reforms in the church of Sant Andreu de Palomar (1881, replacing Peter Falqués and Urpí) Teatre Poliorama (1883), Acadèmia de les Ciències (1893), Palau de Justícia (1887 to 1908, with Enric Sagnier and Villavecchia) Palau Muntaner current Government Delegation in Barcelona (1889-1896, by Lluís Domenech i Muntaner), Faculty of Medicine (1904), Model Prison (1904, with Salvador Vinyals), asylum for the blind Amparo de Santa Lucia, then the Science Museum of Barcelona and CosmoCaixa current (1904-1909), Fabra Observatory (1906), Catalan Gas (1908), Our Lady of Carmen Church and convent of Carmelite (1910-1921, finished by his son Joseph Domenech and block), the station Mago (1912), etc.. He directed further work on the Hospital (1895-1906) on a project Ignatius C. Bartrolí (1881). With elements of classic styles were modified to create a unique style, so far as the eclectic modernism of his time, but well-accepted by official media. Author of several publications, such as the Treaty of descriptive geometry or architectural Modernism (1911).



**Joan Torras i Guardiola** (Sant Andreu de Palomar 1827 - Barcelona 1910) was an architect and teacher of Elías Rogent architects, Antoni Gaudí and August Font. The son of a baker in Sabadell, won the titles of master builder and architect in 1854. Two years later he was elected member of the now called Royal Academy of Fine Arts Catalan Sant Jordi, and entered as a professor at the School Mestres d'Obres, Aparelladors, Agrimensors i Directors de Camins Veïnals de Barcelona, which later became the prestigious Provincial School of Architecture, which came the Catalan architects of Modernism. This school has given over thirty years, technical matters, mainly of metal structures and calculations of resistance, mainly from the late nineteenth century architecture. He founded a company dedicated to large metal buildings: Casa Torras, Blacksmith y Construcciones. Related to these matters, he works as the channel of Sant Boi de Llobregat, Can Tunis road, the road Bogatell, Bridge St. Augustine pawns in Girona and the large scaffolding that was used to build the monument Columbus. His project for the bridge in Girona was voted before who had proposed the La Maquinista Terrestre i Marítima or the engineer Gustave Eiffel. He also projected covers and metal structures for markets such as Tortosa and Lleida, and churches, like St. Andreu del Palomar, the Seminari Conciliar, the Church of Pilar in Zaragoza and the chapel for the school convent of Jesus Maria, is now the church of St. Pacià, where he worked his pupil Antonio Gaudi.



### 3 AIXECAMENT

#### 3.1 AIXECAMENT DE LESIONS

Com en els apartats anteriors, aquest aixecament s'ha realitzat en tota l'església, però aquest treball es centra en la zona de la cúpula, descrivint breument les lesions que s'han detectat en tot el àmbit (llanterna i tambor) i més detalladament en la cúpula.

- **Tambor i petxines:**

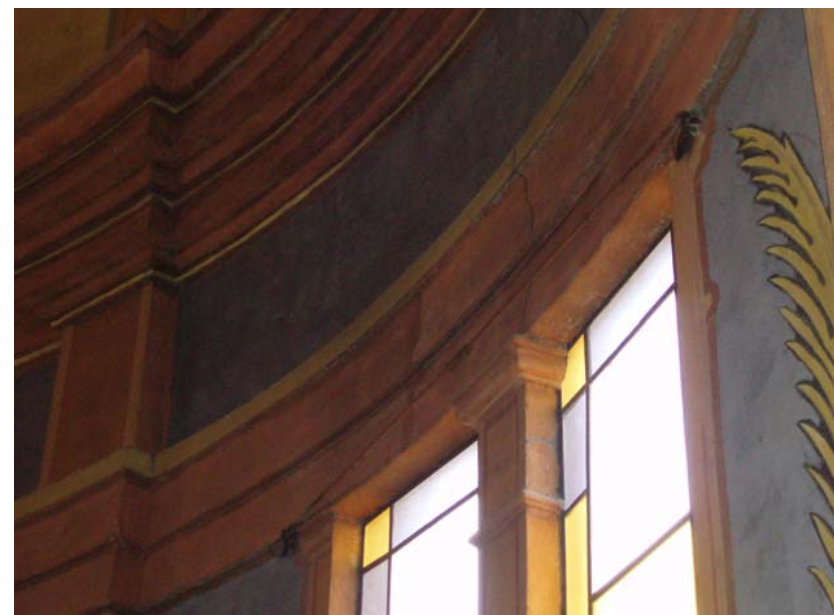


Esquerdes en petxines: S'han observat esquerdes en les voltes que formen les petxines del transsepte. Aquesta lesió està present en les 4 petxines amb diversos graus d'obertura.

Esquerdes en arcs: S'han observat esquerdes en els arcs de suport del tambor. Possiblement s'han produït a causa de petits moviments dels arcs. Aparentment, semblen lesions que no estan actives, però farà un seguiment amb testimonis durant l'execució de l'obra.



Esquerdes en l'arrencada del tambor i cornisa interior: S'han observat esquerdes en l'arrencada del tambor sobre les petxines. Aparentment, sembla que es tracta de lesions que ja s'han estabilitzat, però farà un seguiment amb testimonis durant l'obra.



Esquerdes i fissures en les llindes i cornises de les finestres del tambor: Les cornises i els minvells del tambor presenten esquerdes i fissures. Tres de les vuit finestres, situades a la part baixa del tambor estan esquarterades. Es tracta de lesions produïdes per un esforç tallant excessiu.

### 3 RISE

#### 3.1 RISING INJURIES

*As in the previous sections, this survey has been carried out throughout the church, but this Final Degree Project focuses on the area of the dome, briefly describing the injuries that have been found throughout the area (drum and lantern) and more detail in the dome.*

- **Drum and shells:**

*Cracks in shells: We have noticed cracks in the vaults of the transept forming shells. This lesion appears in all 4 shells with varying degrees of openness.*

*Cracks in arches: We have noticed cracks in the arches supporting the drum. It may have been due to small movements of the arches. Apparently, they seem to be injuries that are not active, but will follow up with witnesses during the execution of the work.*

*Cracks in the boot and the drum interior cornice: cracks have been observed in the boot on the drum shells. Apparently, it seems that these injuries have been stabilized, but will follow up with witnesses during the work.*

*Cracks and fissures on the lintels and cornices of the windows of the drum: The cornices and the drum presents fissures and cracks. Three of the eight windows, located at the bottom of the drum are cracked. These injuries are caused by an excessive shear.*



- **Llanterna i cupulí:**



Esquerdes al cupulí: El cupulí presenta nombroses esquerdes i fissures als galions. Es tracta d'una lesió produïda pels efectes dels canvis de temperatura sobre el cupulí.

Humitat al cupulí: Degut a la quantitat d'esquerdes i fissures observades al cupulí, es produeixen filtracions que provoquen humitats en aquest.



Degradació del morter de recobriment i puntualment de la fàbrica de suport. La llanterna es troba en avançat estat de deteriorament, amb esquerdat de tots els elements verticals de suport, fissures en la volta de tancament, i amb desprendiment de material.

Oxidació a l'estructura metàl·lica. Degut a les filtracions i a la falta de protecció d'aquesta s'ha detectat que l'estructura metàl·lica de la llanterna es troba oxidada.

- **Lantern and domes:**

*Cracks in the dome: the dome has numerous cracks and fissures in the galleons. It is an injury caused by the effects of temperature changes on the dome.*

*Humidity in the dome: Due to the number of cracks and fissures observed in the dome, there are leaks that cause moisture in it.*

*Degradation of the mortar coating and promptly of the fabric . The lantern is in an advanced state of decay, cracked with all vertical elements of support, cracks in the vault end, and detachment of material.*

*Oxidation on metal structure. Due to leaks and lack of protection that has been found that the metal structure of the lantern is oxidized.*

- **Cúpula:**



Desprendiments de peces. Degut a la degradació de morter de calç que subjecta les peces d'acabat exterior, aquestes van començar a desprendre's, motiu pel qual, actualment hi ha una xarxa exterior que evita que aquestes peces puguin caure al carrer.

D'altra banda aquestes peces vidriades han patit una degradació superficial, per la seva exposició a la intempèrie, perdent en moltes zones l'acabat vidriat.





Oxidacions a l'estructura metàl·lica. Degut a la manca de protecció superficial i la seva exposició directa amb l'ambient, s'ha detectat que l'estructura metàl·lica de la cúpula es troba oxidada superficialment.



Esquerdes verticals als galions. Aquesta la lesió és la més important a nivell d'estructura i la que ha propiciat la realització d'aquest treball, doncs es tracta d'una lesió que afecta a pràcticament tots els galions, principalment per la part interior, i es temia pel grau de seguretat existent en la seva estabilitat.

Per tant, a continuació es mostra més detalladament la posició d'aquestes esquerdes en cadascun dels galions, primer esquemàticament i a després amb fotografies.

- **Dome:**

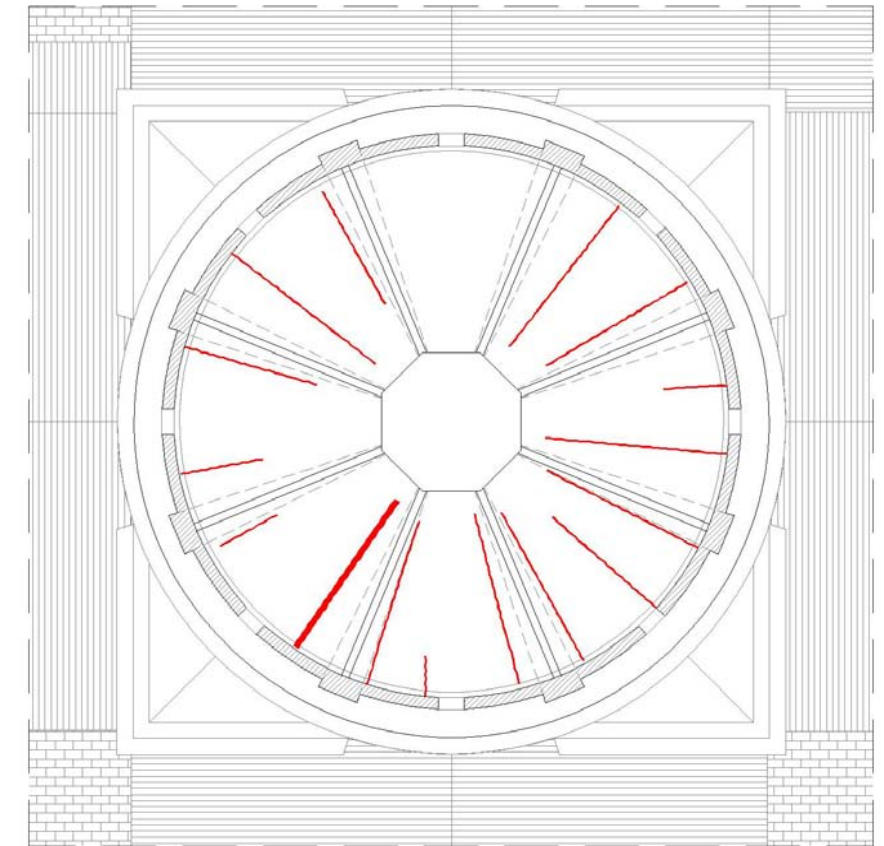
*Landslides parts. Due to the deterioration of lime mortar that holds the pieces of exterior finish, they began to come off, so now there is an external network that prevents these pieces can fall at the street.*

*On the other hand, these glazed pieces have suffered a degradation, due to its exposure to bad weather, losing in many areas glazed finish.*

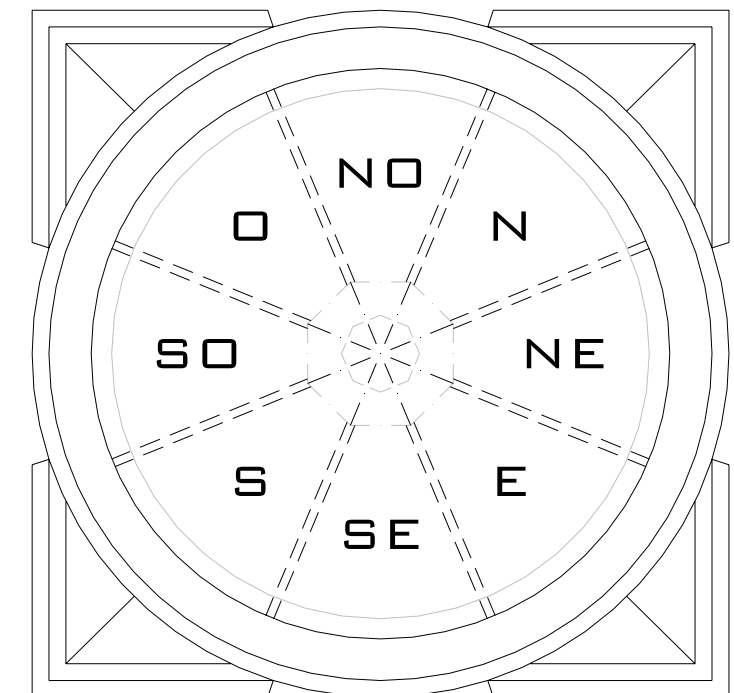
*Oxidation in the metal structure. Due to the lack of surface protection and its direct exposure to the environment, found that the metal structure of the dome surface is oxidized.*

*Vertical cracks in the galleons. This injury is the most important in terms of structure and that has led to the realization of this work, because it is an injury that affects virtually all the galleons, mainly for the interior, and was feared by the degree existing security in its stability.*

*So here is further the position of these cracks in each of galleons, schematically first and then with photos.*

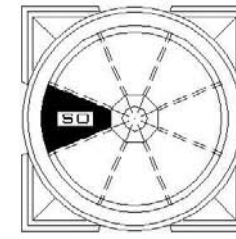
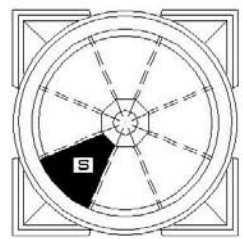
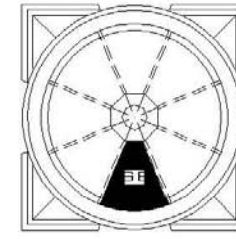
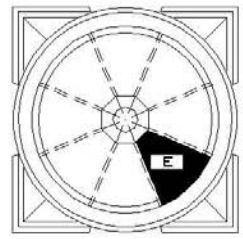


*Esquema amb la posició de les esquerdes en planta*  
Outline the position of the cracks in ground

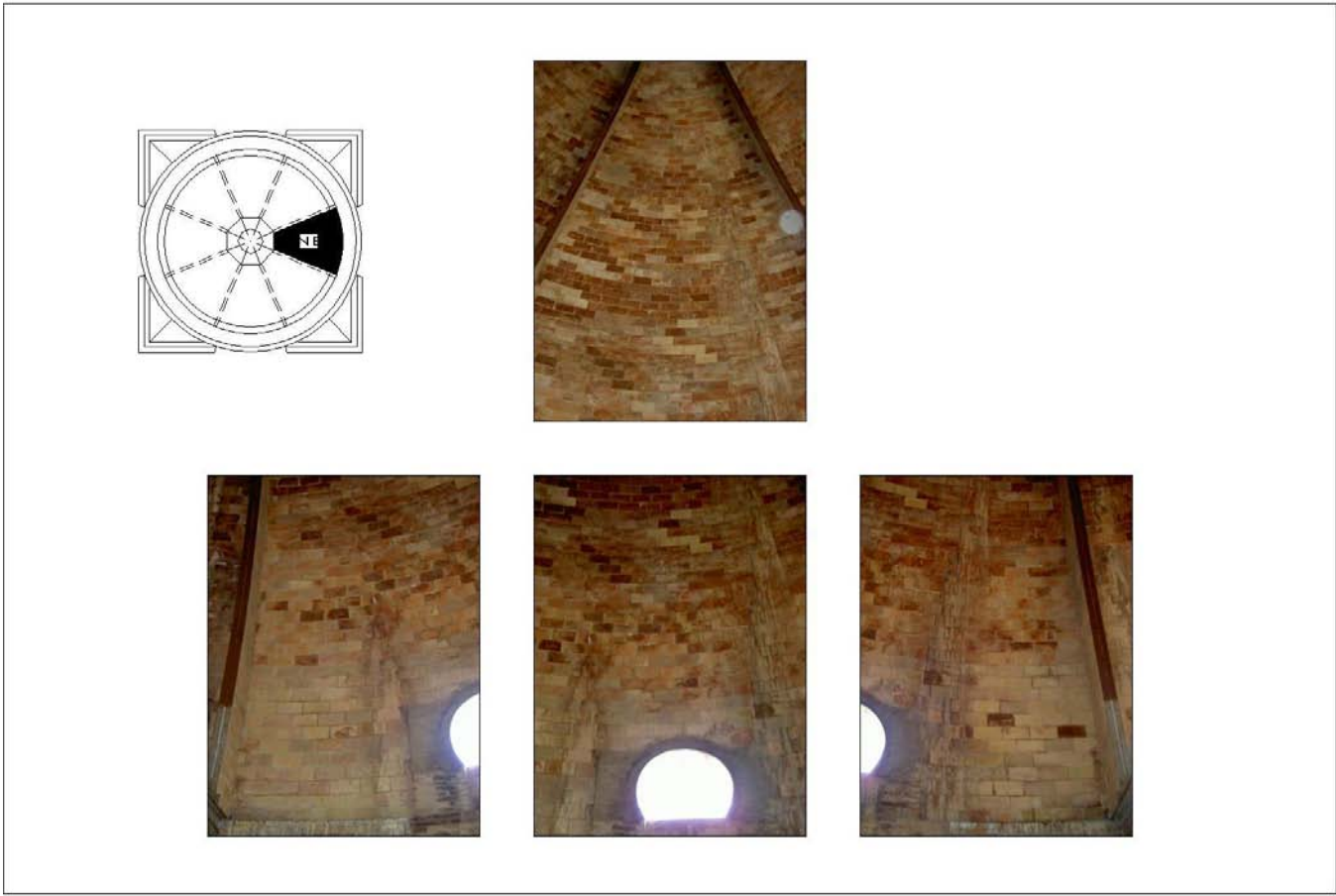
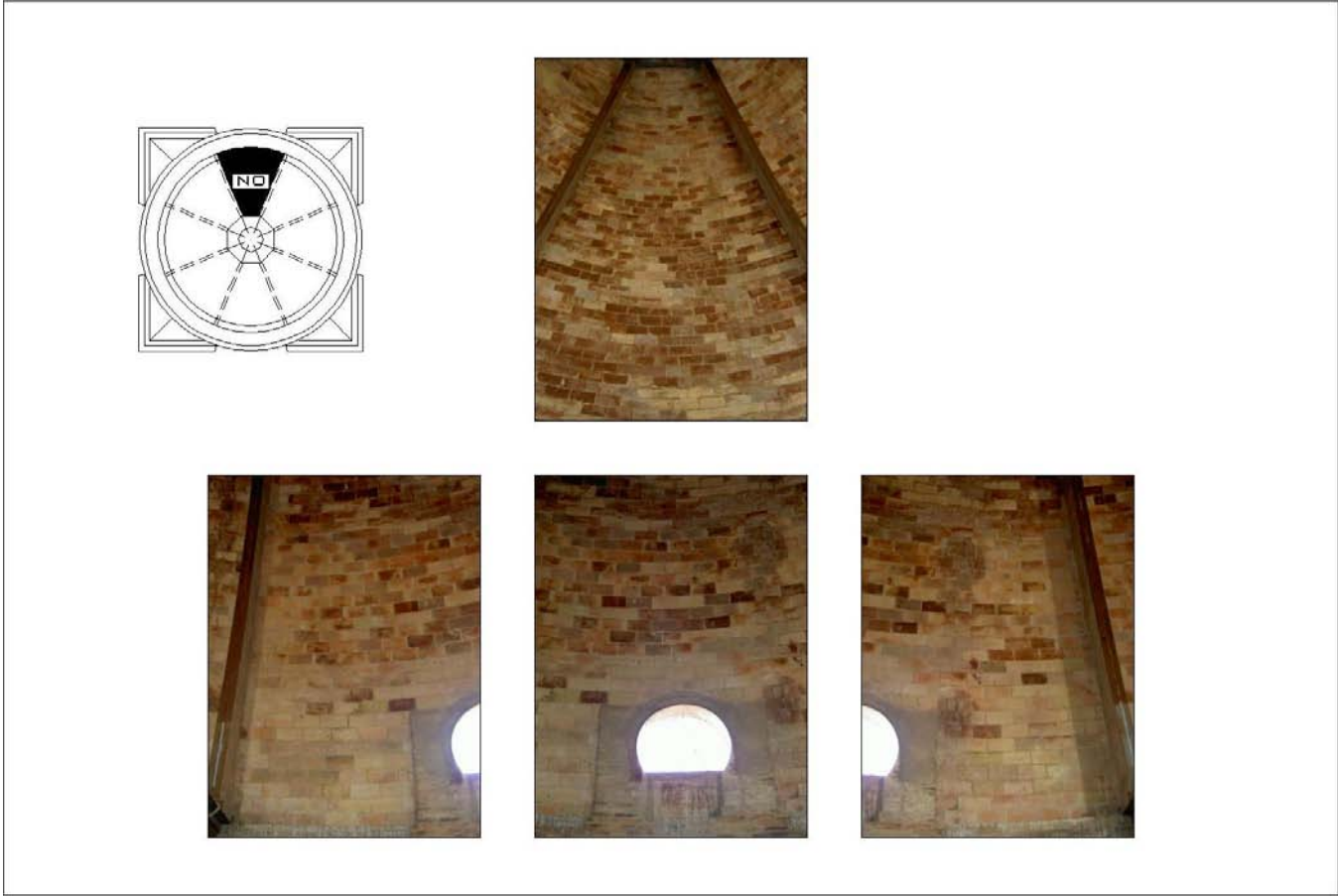
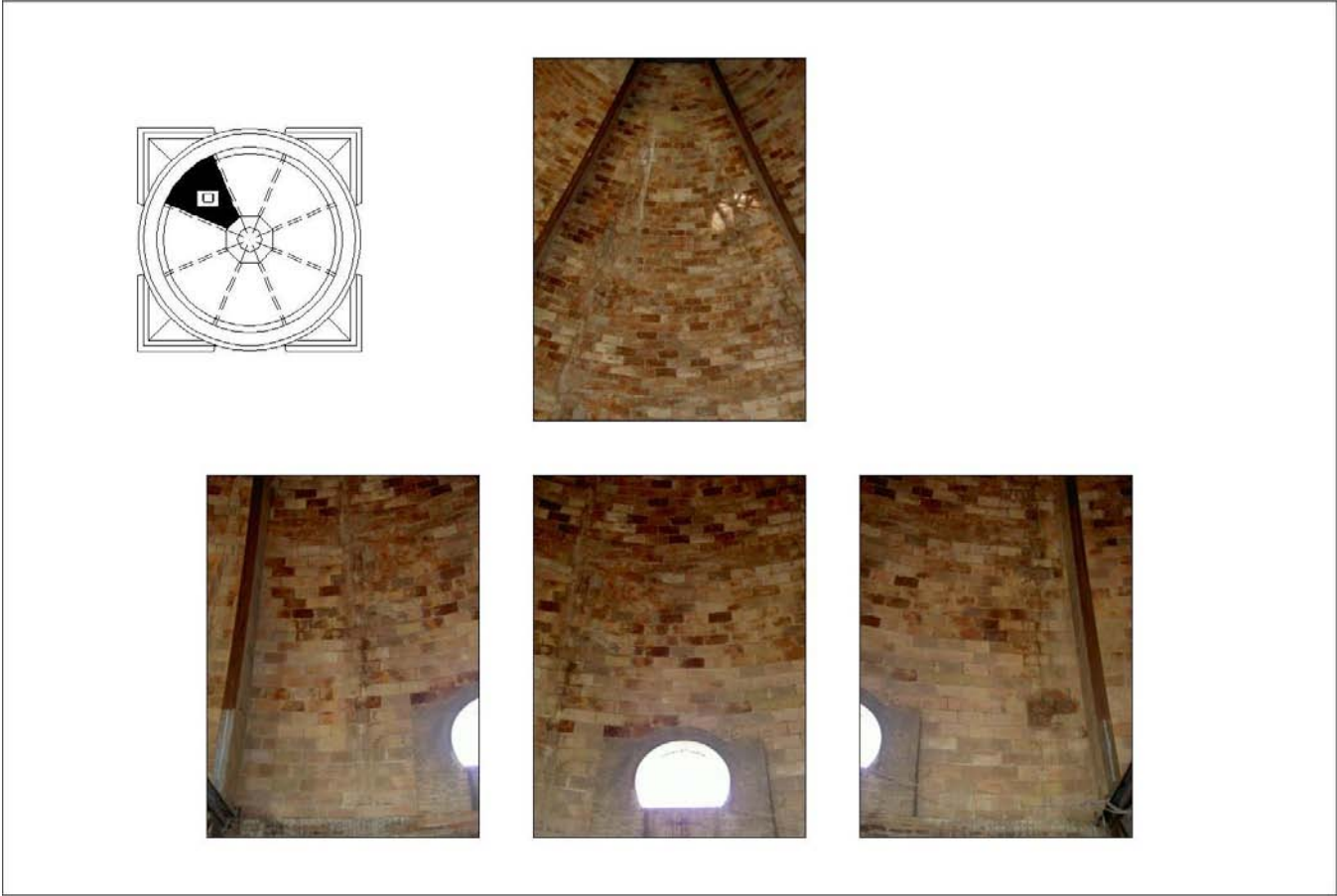


*Esquema amb l'orientació geogràfica de cada galió*  
Outline the geographical orientation of the galleon











### 3.2 PROGRAMA DE CALES

Per poder tenir un coneixement detallat de l'estructura existent, sobretot dels elements que estaven ocults o amb eren de difícil accés, es va fer una campanya de cales.

En primer lloc es va muntar una plataforma de treball, sobre les jàsseres metàl·liques radials, a la zona dels galions sud i sud-est.



*Plataforma de treball*  
Work Platform

Aquesta plataforma que ens va permetre accedir als nervis metàl·lics, per poder determinar per quins perfils estaven formats i com era la seva trobada amb la fàbrica ceràmica.

Es va confirmar que l'estructura metàl·lica i la làmina de fàbrica no tenen cap tipus de lligam, ni està embegut el perfil metàl·lic ni existeix cap tipus de connector mecànic, doncs es podia passar una serra entre els dos elements i desplaçar-la verticalment.

D'altra banda de les la plataforma es va poder accedir a l'exterior de la cúpula, degudament lligats a una línia de vida que es va instal·lar, per confirmar així la geometria dels nervis exteriors de ceràmica i verificar el mal estat en que es troben el acabats exteriors.



*Cala en nervi metàl·lic per confirmar tipus de secció*  
Test pit in the metalic nerve to confirm type of profile



*Serra que travessa l'espai entre la ceràmica i l'acer*  
Saw that crosses the space between the ceramic and steel



*Línia de vida instal·lada per poder veure exteriorment la cúpula*  
Lifeline installed to see the outside of the dome

En altres punts com la llanterna també es van realitzar algunes cales per poder confirmar els perfils metàl·lics que la conformen i com és la seva unió amb l'estructura inferior.



*Cala en l'ampit de la finestra de la llanterna*  
Test pit on the window sill of the lantern

### 3.2 TEST PIT AGENDA

*To have a detailed knowledge of the existing structure, particularly the elements that were hidden or were difficult to access, it became a campaign of test pits.*

*First, it was set up a working platform, metal beams on radio, the galleons of the area south and southeast.*

*This platform enabled us to access the metal nerves metal and determine which profiles were used and how was the joint with the ceramic.*

*It was confirmed that the metal structure and the ceramic are not attached any there is not any link or profile embedded nor is there any type of mechanical connector, so it is posible to introduce a saw between the two elements and move it vertically.*

*On the other side, from the platform was able to access the outside of the dome, duly connected to a lifeline that was installed, so that it was able to confirm the geometry of the outside nerves of ceramics and verify the badness of the outside finishes.*

*In other places such as the lantern were also done some analisys to confirm the metal profiles and the existing union with the structure below.*



## 4 HIPÒTESIS DE TREBALL

### 4.1 MARC TEÒRIC

#### 4.1.1 EL COMPORTAMENT RESISTENT

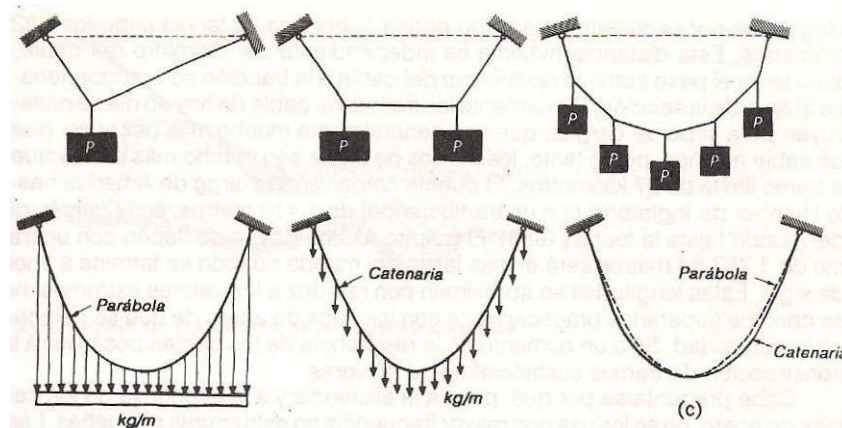
Per començar a estudiar el comportament de la nostra cúpula hem de començar per qüestionar-nos com treballen conceptualment les cúpules i quins són els mecanismes de danys més comuns.

Per a això tenim al nostre abast molts llibres que tracten aquest tema, com es detalla en el capítol de bibliografia, i aquí es mostra només un resum dels conceptes més rellevants.

Les cúpules, com les voltes i els arcs, són elements pensats per treballar essencialment a compressió. Per a que això sigui així, és necessari que la seva geometria sigui d'adequada per als estats de càrregues als que estan sotmeses.

En aquest sentit, la geometria idònia per suportar el pes propi correspondria a la catenària invertida i per suportar una càrrega repartida seria una paràbola.

Per trobar aquestes geometries es pot fer gràficament amb l'ajuda de polígons funiculars, que no és més que realitzar un equilibri de forces, o en forma de maqueta, com per exemple feia Gaudí, penjant una sèrie de pesos d'un cable i realitzar emprar aquesta geometria invertida.

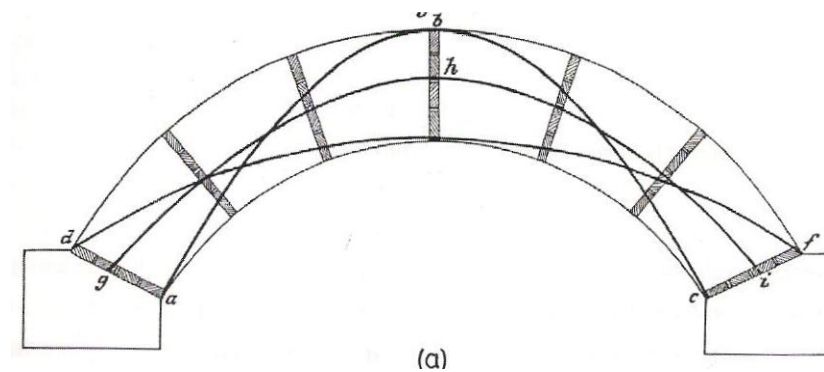


Esquema geometria inversa en funció de la càrrega [1]

D'altra banda, com que els estats de càrregues no són únics i ens podem trobar que en diferents hipòtesis, la geometria hauria de ser diferent, cal tenir en compte el gruix que l'element analitzat.

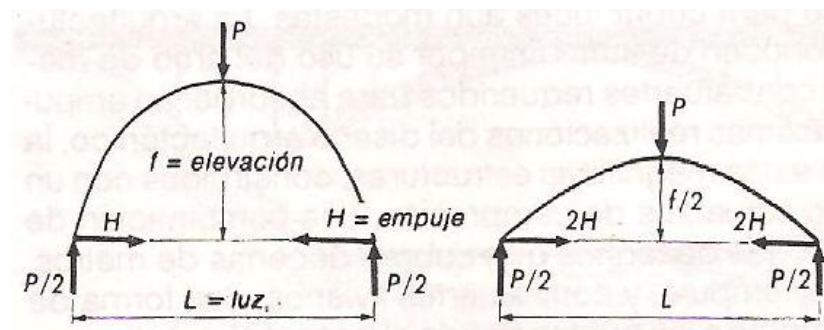
Això és el que s'extreu del Teorema de la Seguretat formulat per Jacques Heyman [2]: "Si és possible trobar una línia d'empentes en equilibri amb les càrregues exteriors que es trobi completament dins de la fàbrica, l'estructura és segura"

Per tant, ens podem trobar en situacions en les que la geometria no sigui exactament la més adient, però que això no impliqui un risc de col·lapse. El que si que passarà és que l'element no estarà treballant completament a compressió i fins i tot, si la línia d'empentes passa per fora del nucli central, es donaran traccions que poden implicar l'aparició d'esquerdes.



Esquema possibles línies d'empentes en un arc [2]

Un altre tret diferencial d'aquests tipus d'elements són les empentes horitzontals que transmeten en els seus recolzaments, fet que tradicionalment s'ha solucionat amb la construcció d'importants contraforts, arcbotants o tirants.

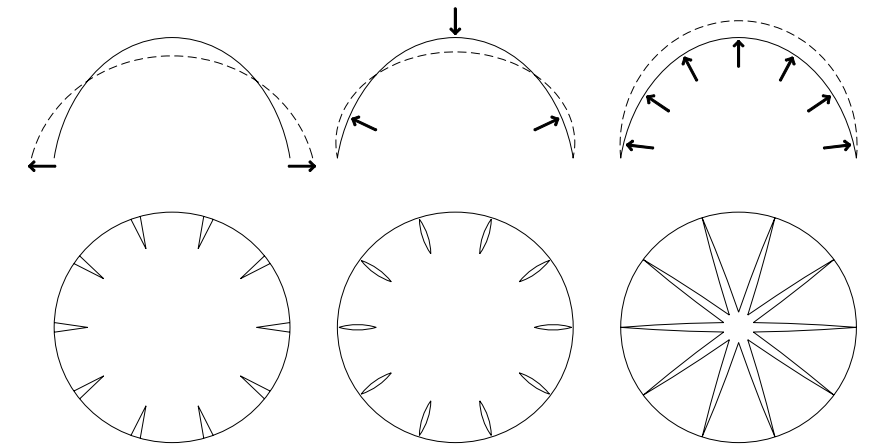


Esquema empentes horitzontals en funció de la geometria [1]

Per últim, cal remarcar la diferencia fonamental entre els arcs o voltes i les cúpules, doncs encara que aquestes últimes siguin el desenvolupament radial de l'arc, cal tenir en compte l'efecte membrana en el seu comportament.

#### 4.1.2 ELS MECANISMES DE DANY

A partir d'aquí, i simplificant molt el problema, els tres principals mecanismes de dany en una cúpula són els indicats en els esquemes següents.



En el primer cas es tracta de la fallida del recolzament, es a dir, que la base de la cúpula no és capaç de suportar les empentes horitzontals que aquesta li provoca i cedeix.

Aquesta deformació implica que si ens imaginem els paral·lels que formen la cúpula, que serien circumferències horitzontals, aquestes volen créixer, volen ampliar el seu perímetre, i com que no es tracta d'un material elàstic, quan aquesta deformació supera la capacitat del material es produeix el trencament de la cúpula, com s'indica en l'esquema en planta.

En el segon cas es tracta d'una cúpula amb una geometria inadequada per a les càrregues a les que està sotmesa. Aquest és un cas força habitual en cúpules amb llanterna, en les que l'acumulació de càrrega a la part superior pot ser molt important.

En aquest cas, la deformació d'alguns paral·lels, que volen ampliar el seu perímetre, com s'explicava anteriorment, fa que aquests trenquin, donant esquerdes com les grafiades en planta.

En el tercer cas es mostra la incidència que té la dilatació tèrmica en una cúpula, produint un inflament que també pot produir l'esberlament de la cúpula.

Evidentment aquest exemples són simplificacions, doncs de vegades aquests efectes es poden barrejar i a més l'aparició d'esquerdes sovint no és tant homogènia i regular com es grafia.

D'altra banda, la cúpula de Sant Andreu té algunes complicacions afegides, com és l'estructura metàl·lica, el recrescut amb nervis més rígids o l'òcul central, que fan que el seu anàlisi no es pugui simplificar tant.

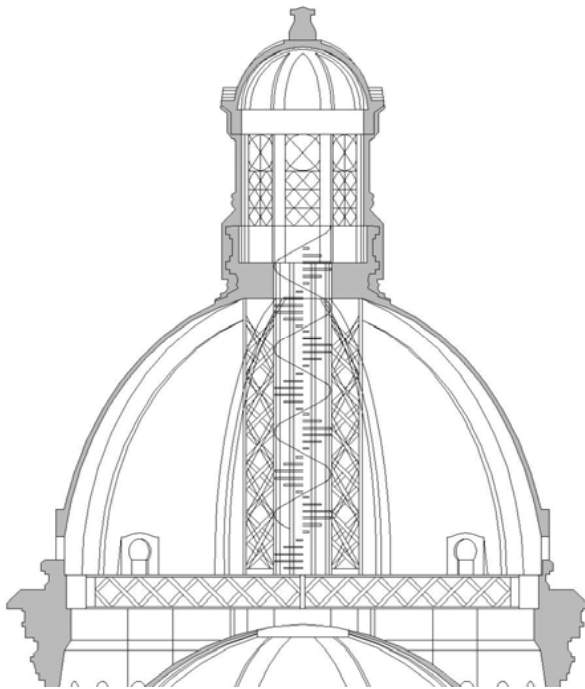






4.3 PRIMERES HIPÒTESIS I PRIMERES CONCLUSIONS

En les primeres hipòtesis de treball que ens varem plantejar al començar a analitzar les lesions de la cúpula, ens preocupava la interacció que podia tenir l'estructura metàl·lica i la ceràmica, doncs no es tractava d'una tipologia habitual en cúpules.



Secció cúpula

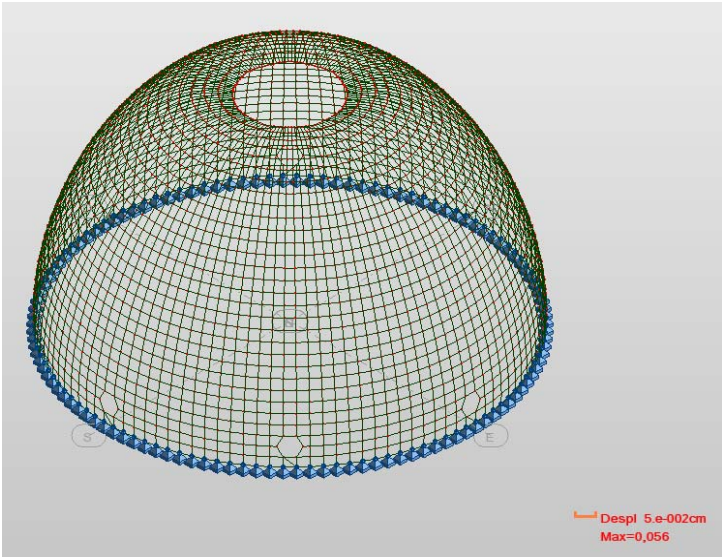
Abans de poder acostar-nos a la unió dels nervis metàl·lics amb la fàbrica ceràmica pensàvem que aquests estaven lligats, ja fos perquè el nervi metàl·lic estigués embegut en la ceràmica o mitjançant algun tipus de connexió mecànica.

Amb això, els primers plantejaments anaven orientats a una possible incompatibilitat de moviments entre un element i l'altre, de rigideses diferents.

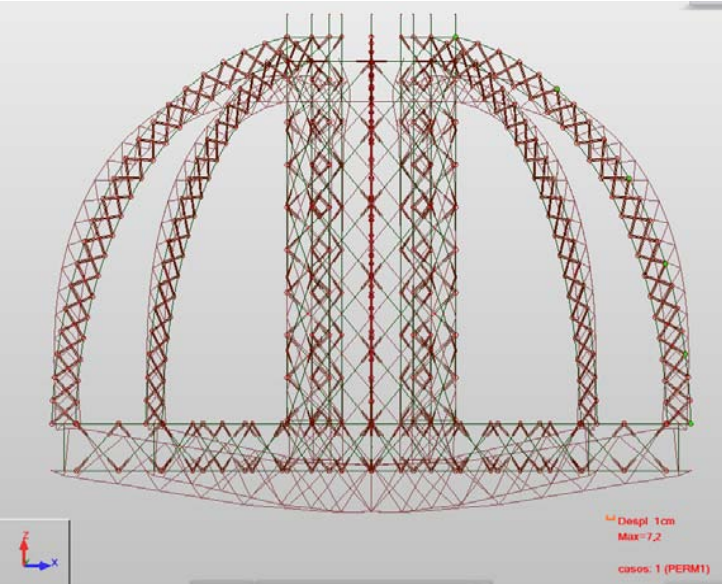
Amb les cales realitzades, com ja s'ha descrit, es va verificar que no era així, que es tractava de dues estructures superposades sense cap tipus de lligam.

A partir d'aquí, calia valorar quin paper tenia cadascuna de les dues estructures, en la capacitat portant de la cúpula.

Es van fer uns primers models tenint en compte només el pes propi dels elements, incloent el pes de la llanterna, que amb les seves 40Tn no era un valor en absolut despreciable, i que imaginàvem que baixaven directament per l'estructura metàl·lica.



Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
500/ 1	-0,012	0,0	-0,054	-0,000	-0,000	0,000
501/ 1	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,000
522/ 1	0,003	0,0	-0,007	-0,000	-0,000	0,000
528/ 1	0,002	0,0	-0,006	0,000	0,000	0,000
534/ 1	0,002	0,0	-0,004	-0,000	-0,000	0,000
540/ 1	0,004	0,0	-0,002	-0,000	-0,000	0,000



Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
365/ 1	-0,7	0,0	-0,9	-0,000	0,016	0,000
373/ 1	-1,2	0,0	-5,9	0,000	-0,043	0,000
682/ 1	0,5	0,0	-1,0	-0,000	0,010	0,000
686/ 1	2,2	0,0	-0,6	-0,000	0,007	0,000
690/ 1	2,8	0,0	-0,3	-0,000	-0,001	0,000
695/ 1	1,1	0,0	-1,5	-0,000	-0,016	0,000

Amb les deformacions que aquests models ens van donar varem poder confirmar que l'estructura metàl·lica era molt menys rígida que la fàbrica ceràmica, amb un ordre de magnitud de 15 vegades menys, pel que les primeres conclusions, per poder seguir amb l'estudi, van ser que la participació de l'estructura metàl·lica era despreciable i per tant es va considerar més apropiat analitzar la cúpula ceràmica individualment.

Amb aquesta premissa, calia analitzar el comportament de la cúpula front a les diferents sol·licitacions per determinar quin era l'origen de les lesions.

En aquestes primeres hipòtesis ja varem descartar que les lesions tinguessin el seu origen en un mal comportament de la base de la cúpula, doncs el tambor, a més de ser un element força gros, està en perfecte estat, sense esquerdes.

En quant a la geometria de la cúpula, donat que és força apuntada i té un pes important a la part superior, semblava que no havia de ser l'origen del problema.

Per tant, la hipòtesis més plausible, abans de realitzar els models més detallats, era que els canvis tèrmics fossin els causants de les lesions.

Això com es detallarà a continuació es va demostrar cert, encara que l'efecte tèrmic no era el que pensàvem inicialment, la dilatació, sinó el diferencial de temperatura interior-exterior, el gradient tèrmic.



## 5 MODELS D'ANÀLISI

### 5.1 MÈTODE DEL ELEMENTS FINITS (MEF)

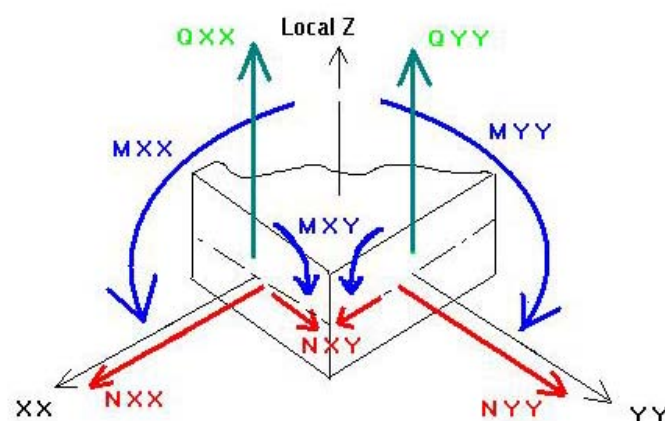
El mètode dels elements finits, també conegut com MEF, és un dels procediments que existeixen per a aproximar el comportament d'una estructura amb infinits graus de llibertat pel d'una altra, amb aproximadament les mateixes propietats físiques i geomètriques, però amb un número finit de graus de llibertat, les equacions d'equilibri de la qual poden expressar-se per un sistema algebraic d'equacions simultànies amb un número limitat d'incògnites.

Per tant, es tracta d'un mètode de càlcul simplificat que permet l'anàlisi d'una estructura molt complexa, en el nostre cas per la seva geometria, d'una forma força aproximada a la realitat.

En el cas d'estructures superficials corbes, com són les cúpules, el tipus d'element finit emprat són els de làmina plana, que poden combinar estats resistents axials, també anomenats de membrana, o de flexió.

Així doncs, cal discretitzar la superfície corba del nostre element en elements plans de mida més petita, que poden ser triangulars o rectangulars. Quant més elements tinguem, més propera serà la geometria del model a la realitat, però més es complicarà el càlcul.

Sobre aquests elements s'aplicaran les accions a les que estigui sotmesa l'estructura, i a partir d'aquí es plantejaran les equacions d'equilibri, tenint en compte les connexions existent entre els elements finits pels seus nusos. Evidentment, es tracta de càlculs molt complexos que sense el suport de les eines informàtiques no podríem realitzar.



Esquema nomenclatura dels esforços

En aquest cas s'ha emprat el programa Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010.

### 5.2 PARÀMETRES DE CàLCUL EMPRATS

#### 5.2.1 ELS MATERIALS

Donat que la disposició dels maons en una volta no és la mateixa que en un mur de càrrega es van revisar les resistències del material (fàbrica de maó massís).

La resistència a compressió minorada d'una fàbrica de maó massís, segons la bibliografia, és de 22kg/cm<sup>2</sup> i de 2.2kg/cm<sup>2</sup> a tracció (10%). Aquests valors són vàlids per una fàbrica de maó ordinària amb aparell de llarg (a "soga"), però no pas per a la fàbrica de la cúpula.

De cara a obtenir uns valors més ajustats per a la resistència de la fàbrica que conforma la cúpula es va realitzar un primer càlcul suposant un morter M-2 (2N/mm<sup>2</sup>) i un maó de 10N/mm<sup>2</sup> de resistència normalitzada de les peces. A partir de l'annex C del DB-SE-F s'obté que  $f_k = K \cdot f_b^{0.65} \cdot f_m^{0.25}$ . Operant amb aquests valors es pot deduir que la resistència a compressió d'una fàbrica de maó convencional amb elements de les característiques esmentades pot suportar uns 32kg/cm<sup>2</sup>.

Tenint en compte que la fàbrica de la cúpula està col·locada de cantell, aplicarem un % de reducció degut a la tendència que tenen les diverses capes de cúpula a separar-se al comprimir-les. Es proposa un 75%. Així doncs, tenim una resistència a la compressió de 24.0kg/cm<sup>2</sup> (sense minorar).

Pel que fa a la tracció, es va considerar un 10% de la resistència a compressió: 32kg/cm<sup>2</sup> · 10% = 3.2kg/cm<sup>2</sup>. Tenint en compte l'orientació de la fàbrica i la compressió transversal, es va decidir multiplicar-la per 1.25: 4kg/cm<sup>2</sup>.

A més, cal tenir en compte que a causa de l'aparell de fàbrica usat per construir la cúpula existeixen capes contínues de morter dins la secció d'aquesta que no poden treballar a tracció. Determinant la proporció de gruix de morter i maó que hi ha a la secció de la cúpula podem determinar que només treballarà el 66% de la secció. Així doncs, 4kg/cm<sup>2</sup> · 0.66 = 2.64kg/cm<sup>2</sup>.

Resistència a compressió: 24.0 kg/cm<sup>2</sup>  
Resistència a tracció: 2.6 kg/cm<sup>2</sup>

Totes aquestes reflexions són força qüestionables, però donada la falta de dades reals, per la impossibilitat de realitzar assaigs que ens donessin aquests valors, i que els que ens interessava no era tant el número concret, com un ordre de magnitud, és van emprar com a punt de partida.

D'altra banda es van definir en el programa el mòdul elàstic longitudinal i transversal, coeficient de dilatació tèrmica, basats en les dades d'assaigs d'altres projectes i la bibliografia.

#### 5.2.2 ESTATS DE CàRREGA

S'ha modelitzat la cúpula se li han aplicat les càrregues gravitatòries corresponents al seu pes propi i al de la llanterna.

Com a càrregues gravitatòries també s'ha aplicat la sobrecàrrega d'ús, de 100 Kg/m<sup>2</sup> de manteniment, a la superfície de la llanterna i exteriorment a la zona on per la seva inclinació es pot arribar a trepitjar. Amb la neu, de 40 kg/m<sup>2</sup>, s'ha fet el mateix.

D'altra banda s'ha aplicat l'acció del vent, en una direcció, donat que amb la simetria de la cúpula podem extrapolar resultats. Aquest vent s'ha introduït com indica el CTE-DB-AE en el seu annex D.

També s'han modelitzat les càrregues degudes al canvi de temperatura anual estiu-hivern, que s'han valorat en un increment de +20°C i un descens de -10°C, segons normativa vigent CTE i un recull de dades meteorològiques dels darrers 10 anys. En aquest document és recull el canvi de temperatura de +20°C ja que és el més desfavorable.

Finalment, també s'ha tingut en compte un gradient de temperatura entre l'interior i l'exterior de la cúpula de 34°C (en el punt més exposat) degut a la radiació solar directa, sobre la superfície exterior, i la bona ventilació interior. Aquest gradient s'ha aplicat de forma anés disminuint gradualment al voltant de la cúpula fins arribar als 4°C per simular la diferent exposició entre la cara més exposada i la menys. Cal tenir present que l'aplicació d'aquesta càrrega en el programa és estàtica, mentre que a la realitat és un acció que es va desplaçant amb la rotació de la terra.

A continuació es mostra un resum dels resultats obtinguts amb les combinacions més rellevants.



### 5.3 CÀRREGUES GRAVITATÒRIES

A continuació es mostren els resultats de la combinació de càrregues gravitatòries, en la que s'han tingut en compte el pes propi de la cúpula i la llanterna, la sobrecàrrega d'ús de la zona de la llanterna i la sobrecàrrega de neu, en la zona on aquesta es pot dipositar, doncs a partir de 60° d'inclinació ja no s'ha de comptar.

Per poder interpretar els resultats que es mostren, s'ha de tenir present que el sistema de coordenades local del cada elements finit és X la direcció horitzontal, Y la direcció vertical, seguint el pla del panell, i Z la perpendicular al pla.

Així doncs quan veiem tensions en la direcció XX, aquestes són en la direcció horitzontal.

A més, cal tenir present que aquestes tensions no són les mateixes a la cara interior de la cúpula i a l'exterior, doncs com s'ha indicat els elements finits de làmina plana consideren els esforços perpendiculars al seu propi pla.

En la part inferior dreta de cada gràfic de tensions està l'escala de valors en Kg/cm<sup>2</sup>. Les tensions de color blau són de compressió i les grogues i vermelles són de tracció.

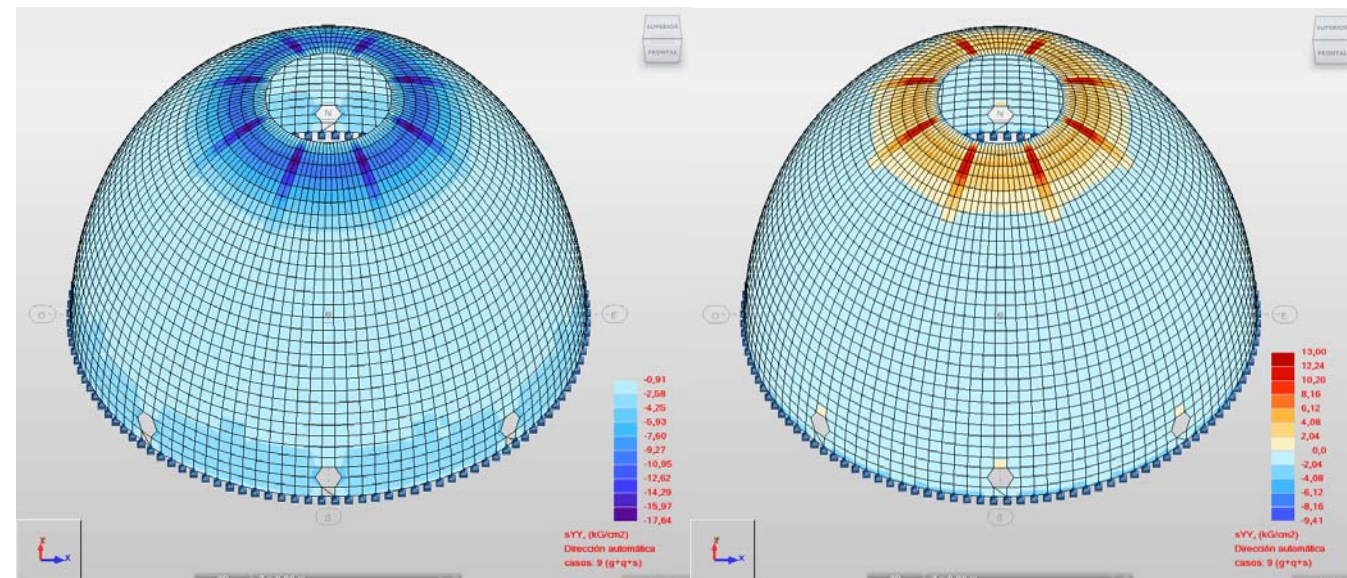
En els dibuixos també es pot apreciar que la cúpula té uns eixos amb els punts cardinals, per saber quina zona es mira. En general el sud el tindrem situat al davant.

Així doncs, mirant els esquemes següents podem veure en primer lloc les tensions YY de la cara interior i exterior, que corresponen a les tensions verticals, i com es pot veure són essencialment de compressió.

Però les tensions que ens interessin, perquè són les que ens poden donar resposta al motiu de les lesions són les horitzontals, doncs per crear-se esquerdes verticals com les que tenim, s'han de donar tensions de tracció perpendiculars a les esquerdes. Així, a partir d'aquí els esquemes de tensió que es mostraran, tant de l'interior com de l'exterior seran de la direcció XX.

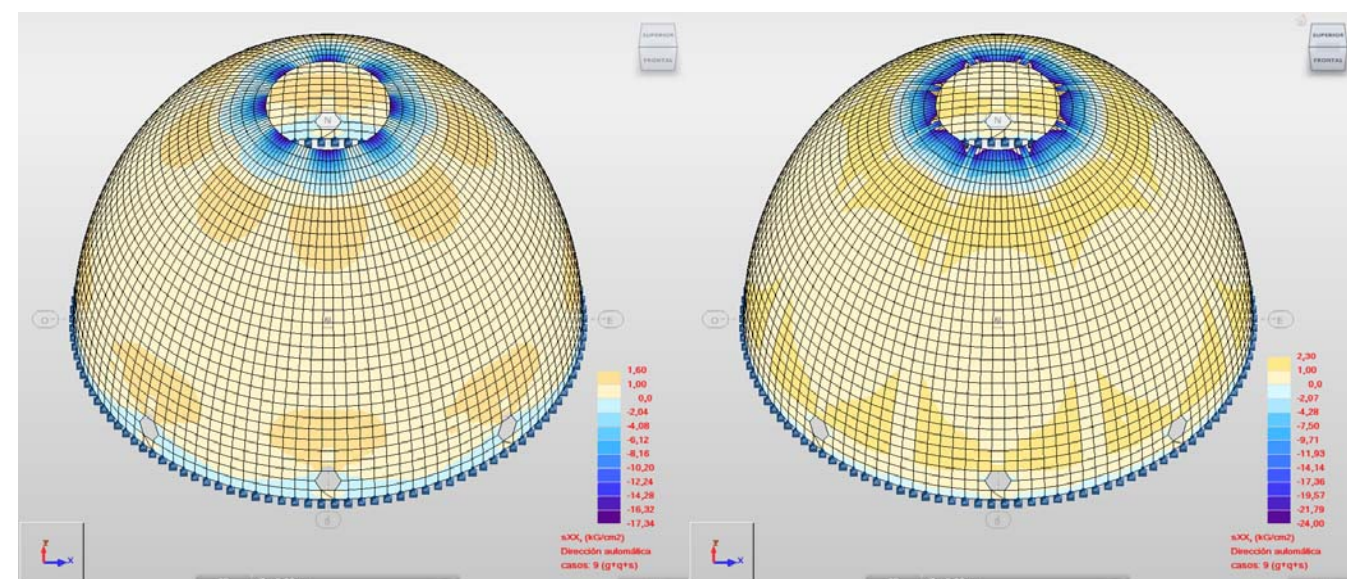
En aquest cas, aquestes tensions ens donen traccions en les dues cares, però d'una magnitud baixa, que no podrien ser el motiu pel que s'han creat les esquerdes existents.

Les deformacions ajuden a entendre les tensions que es produeixen.



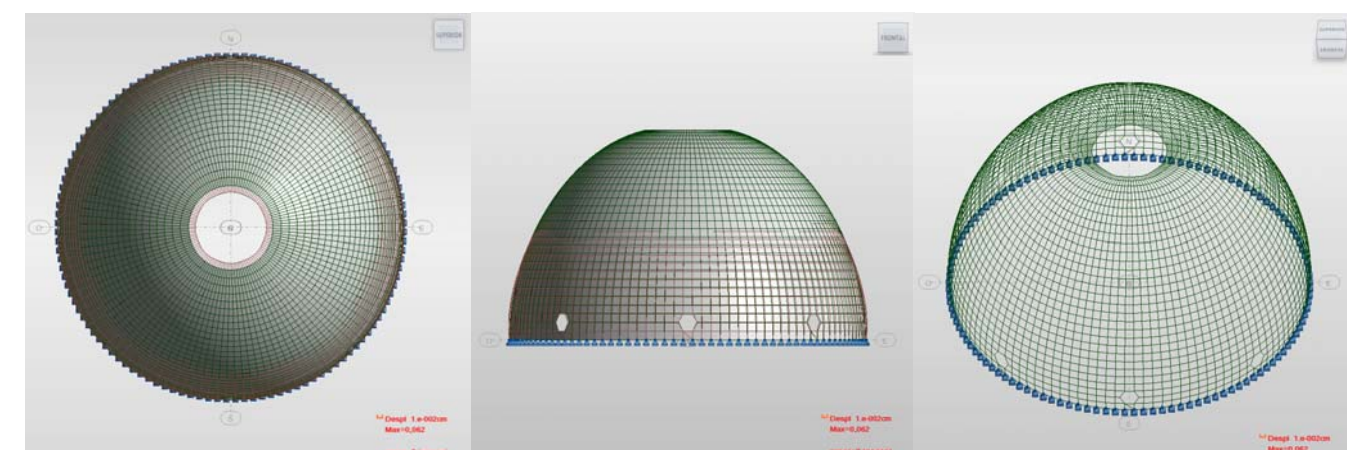
Tensions yy. Superfície interior.

Tensions yy. Superfície exterior.



Tensions xx. Superfície interior.

Tensions xx. Superfície exterior.



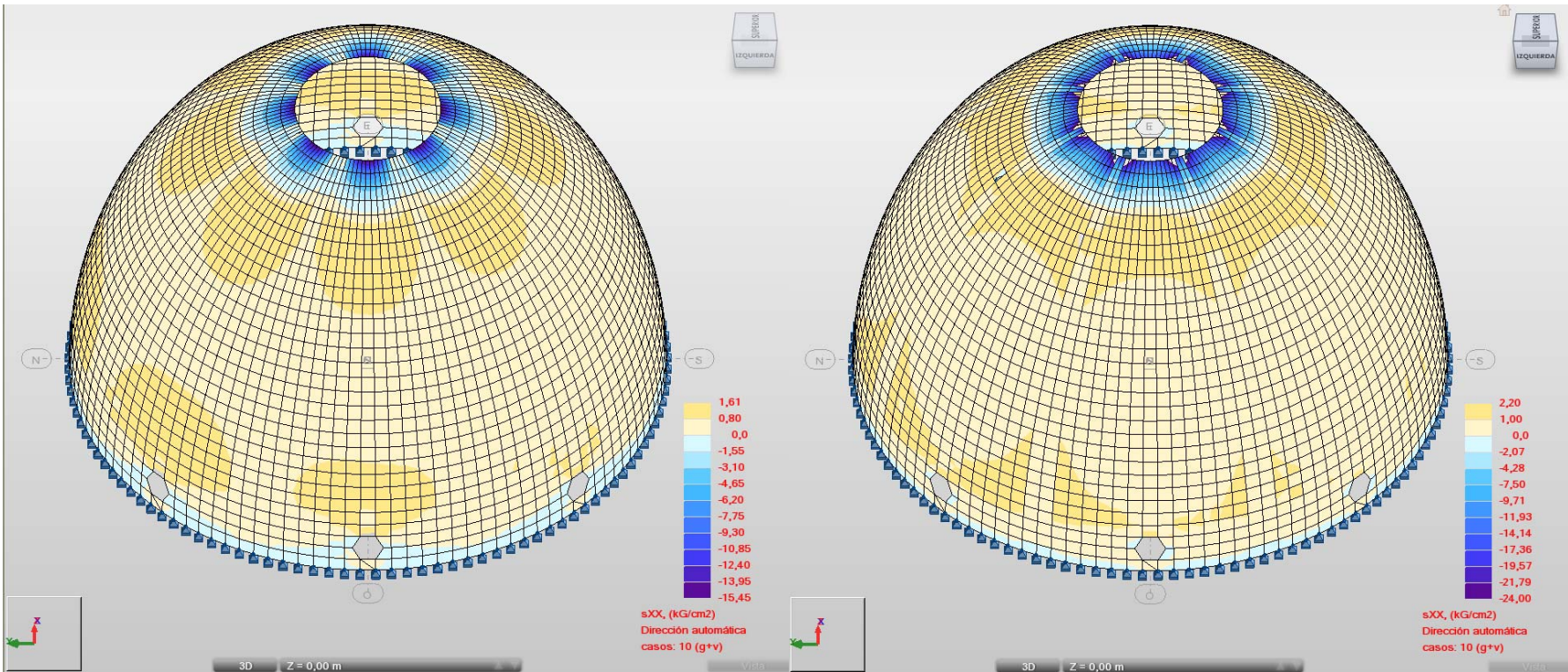
Deformacions



5.4 ACCIÓ DEL VENT

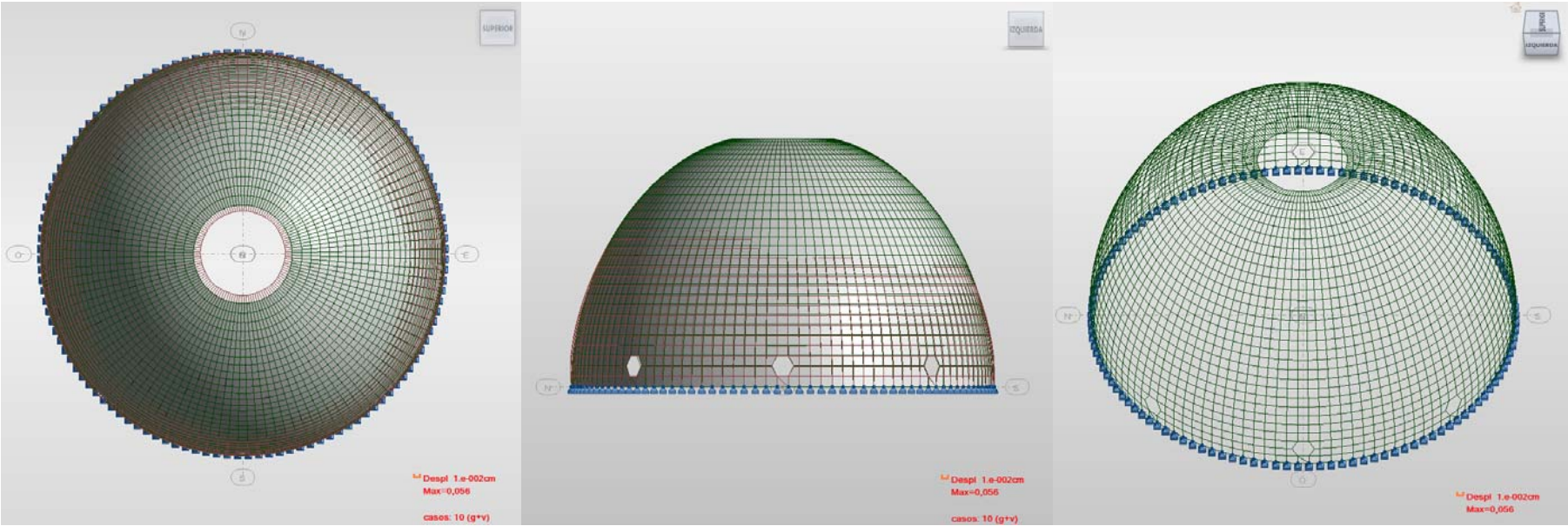
En aquesta combinació s'ha tingut en compte l'efecte del vent amb les càrregues corresponents al pes propi, que sempre estaran. Evidentment les càrregues del vent soles tenen més incidència, però és una situació que mai es donarà.

Amb aquesta combinació veiem que les tensions en XX són molt similars a les que donen les càrregues gravitatòries, hi ha una mica d'asimetria en la seva distribució per l'efecte del vent, però té molt poca incidència.



Tensions xx. Superfície interior.

Tensions xx. Superfície exterior.



Deformacions



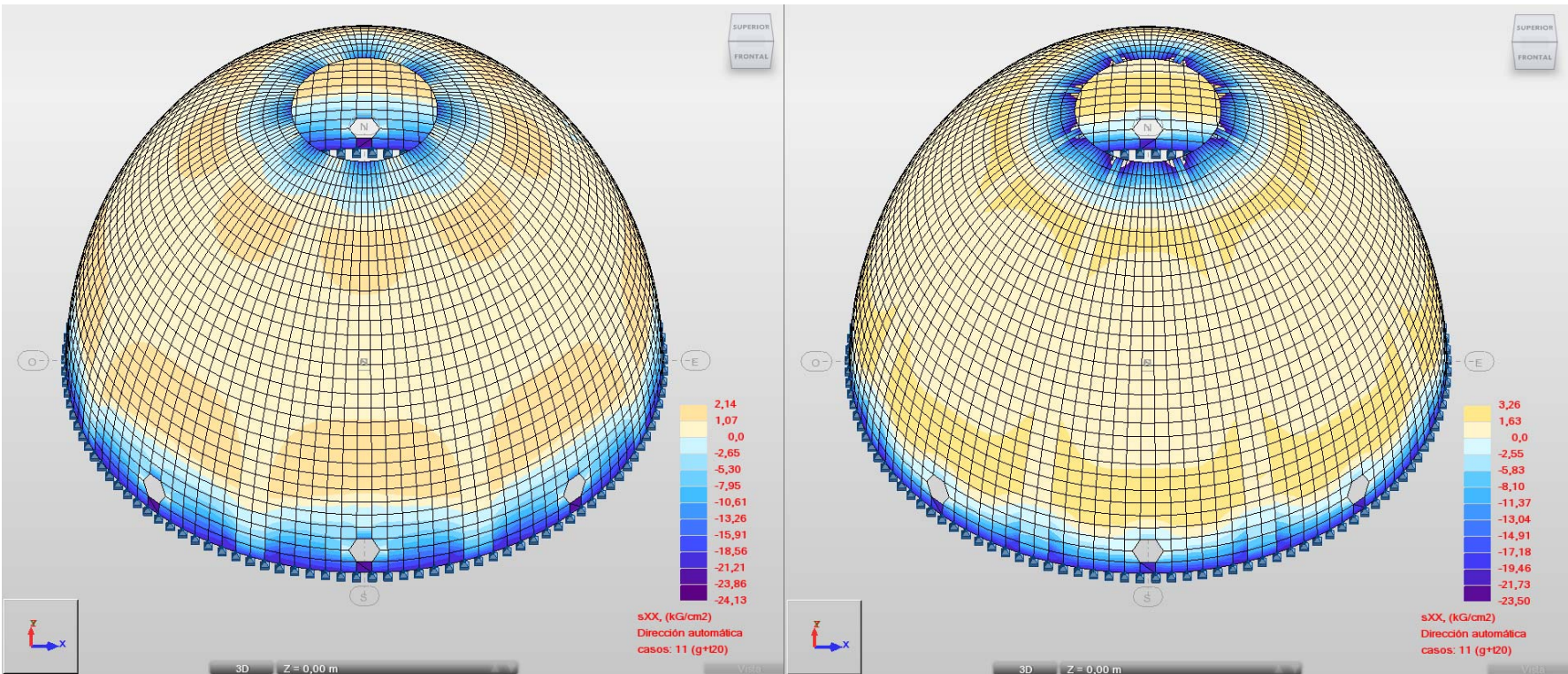
5.5 DILATACIÓ TÈRMICA

En aquesta combinació, com en el cas anterior, també s'ha tingut en compte el pes propi de la cúpula i llanterna, a més de la dilatació tèrmica, incorporada com un augment de temperatura de +20°C.

En aquest cas el pes propi es una força que contraresta els efectes de la dilatació, doncs el pes propi son càrregues cap a baixa, gravitatòries, i la dilatació tèrmica és una força que vol inflar la cúpula i per tant l'estira cap a fora.

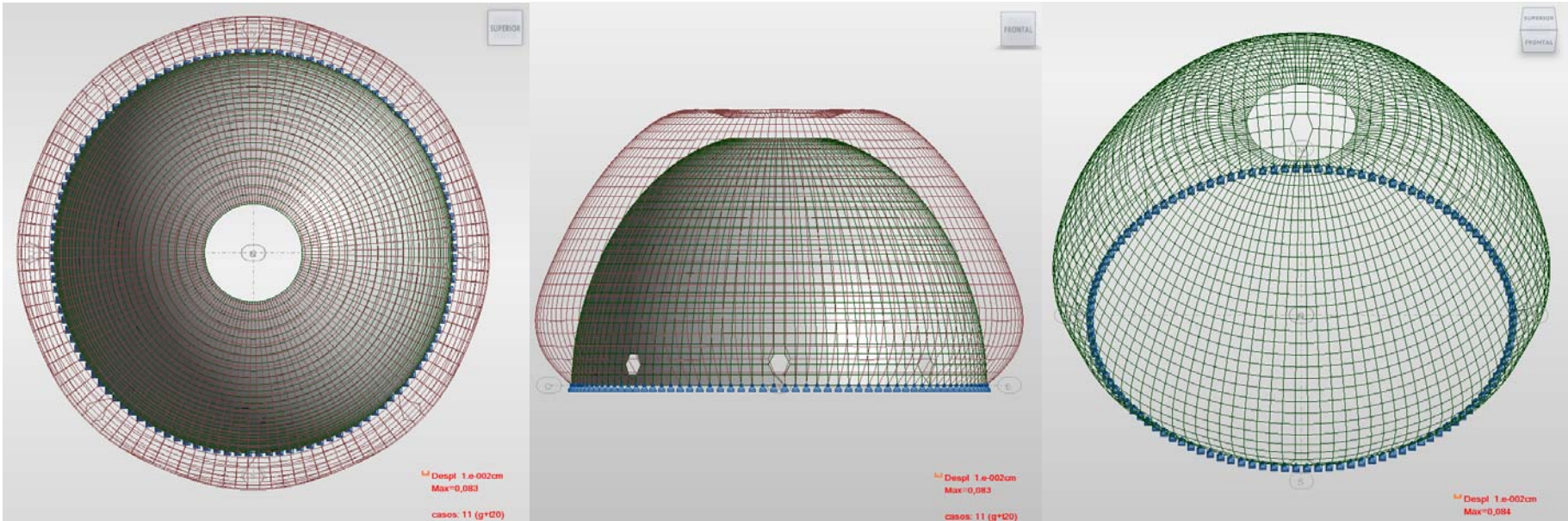
En aquests cas les tensions són de tracció en bona part de la superfície de la cúpula, i en algun punt podrien arribar a produir alguna esquerdada pel seu valor, però no pot ser l'origen de les lesions existents, perquè com a molt es crearia alguna esquerdada, però no en tots els galions i dos o tresen cadascun d'ells.

Per tant, tot i que la dilatació tèrmica té una incidència important en el comportament de la cúpula, no és l'origen únic de les lesions que s'hi observen.



Tensions xx. Superfície interior.

Tensions xx. Superfície exterior.



Deformacions



## 5.6 GRADIENT TÈRMIC

Així doncs, després de que els resultats d'aplicar la dilatació tèrmica no ens donés la resposta al problema, i basant-nos en el que havíem estudiat de San Ignacio de Loyola, varem introduir una acció més, vinculada amb les variacions tèrmiques: el gradient tèrmic.

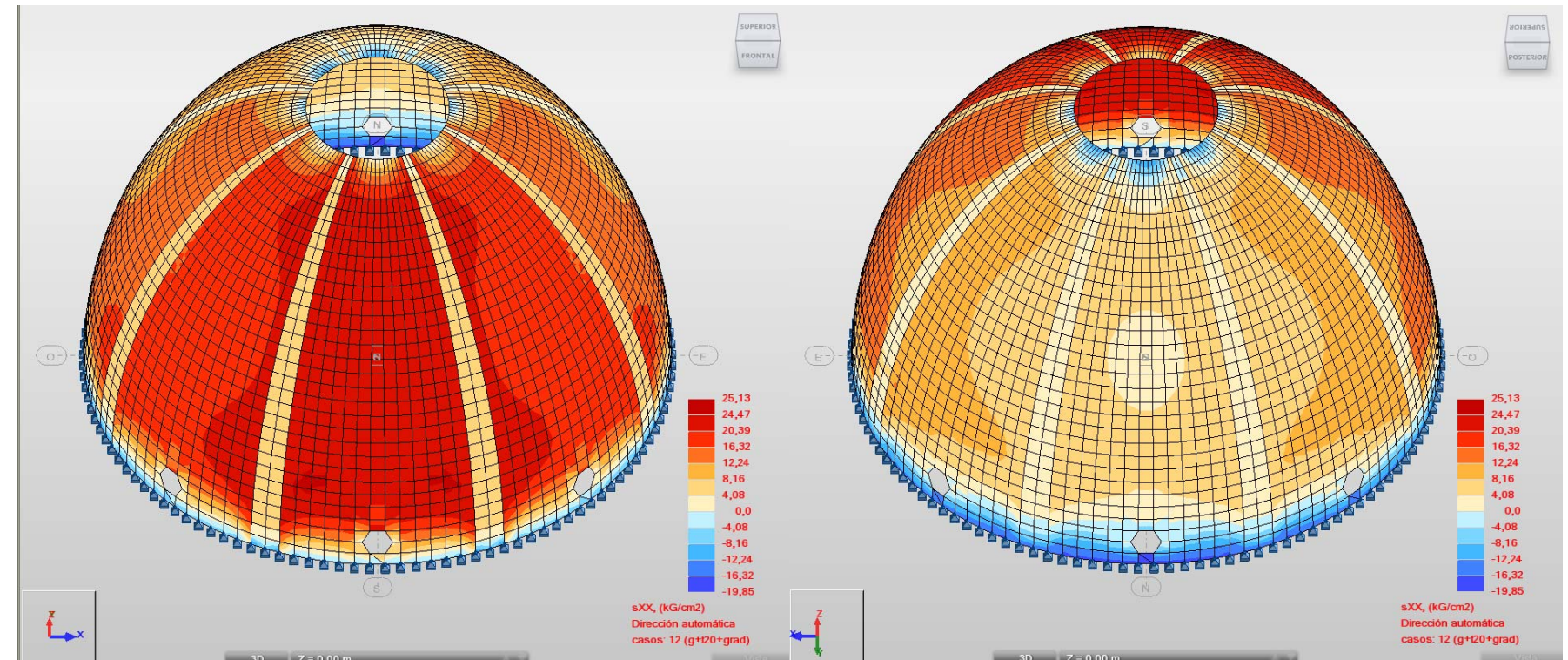
Aquesta acció representa la variació de temperatura que tenim entre la superfície exterior de la cúpula, per la irradiació solar directa, a l'hora de màxima incidència, i la interior, sense aquesta acció i amb una bona ventilació.

Aquest salt tèrmic, tenint en compte la ubicació de la cúpula i el color de la seva superfície, pot arribar a ser de 34°C al galió sud a migdia a l'estiu. Reduint-se cap als galions posteriors.

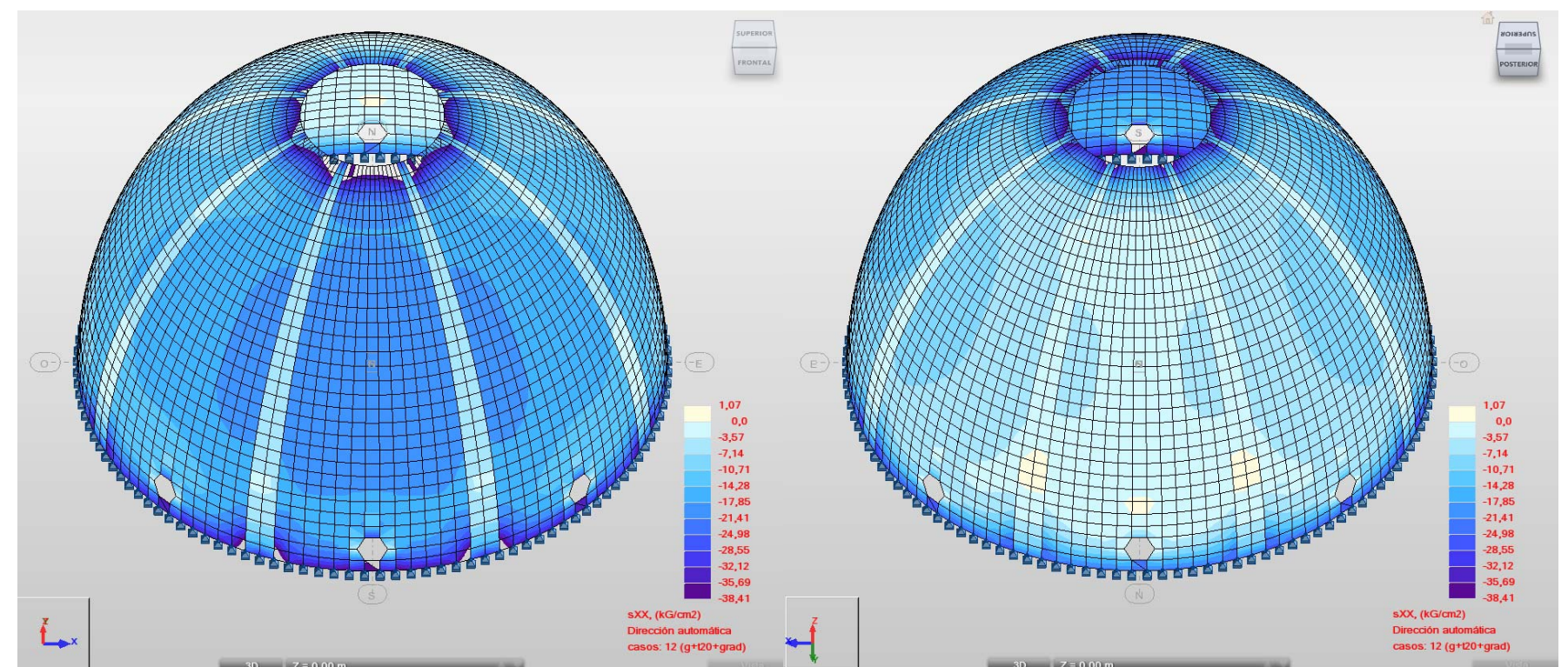
Per tant, junt amb aquesta acció també apliquem la dilatació tèrmica, a més del pes propi.

Amb això, els resultats que obtenim són de traccions molt altes a la cara interior, com per poder produir les esquerdes existents, i compressions a la cara exterior.

Per tant, aquest sembla ser l'origen de les lesions, donat el valor de les traccions, però manca confirmar si es poden produir tantes esquerdes com les existents.

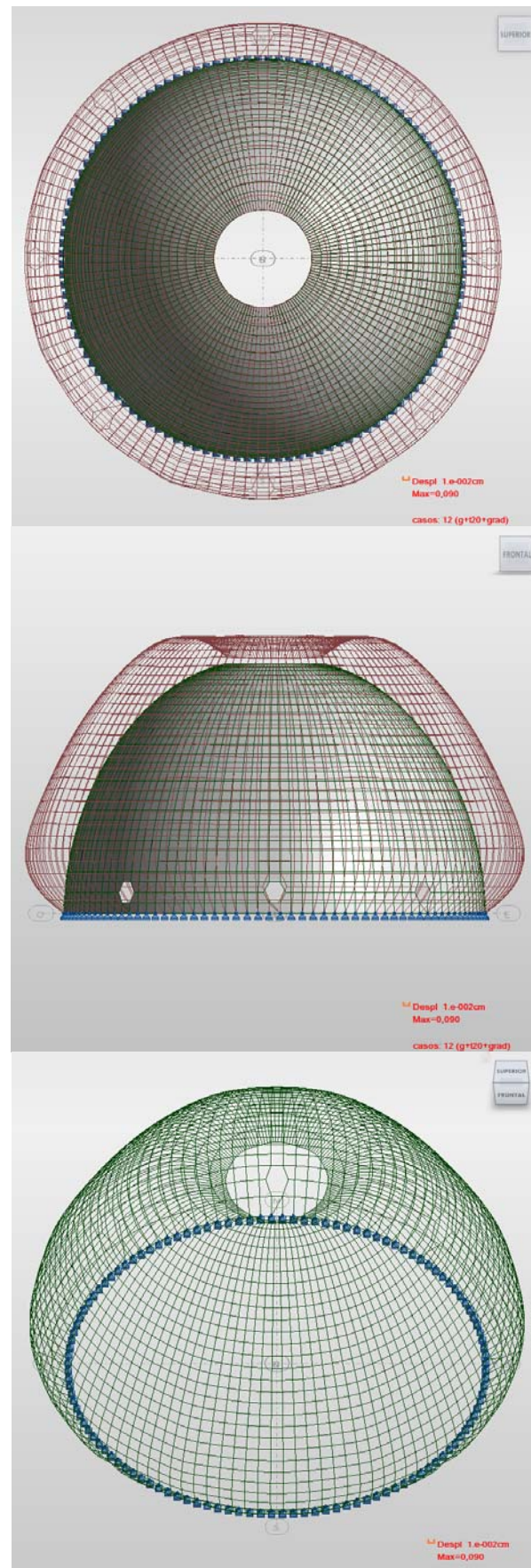


*Tensions xx. Superfície interior.*



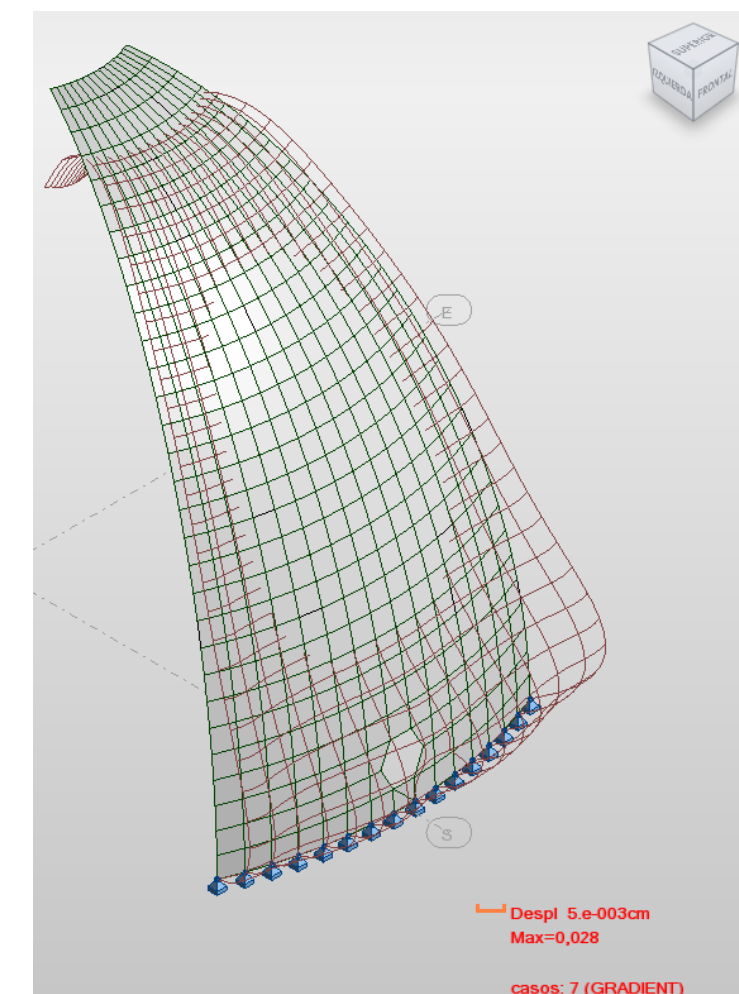
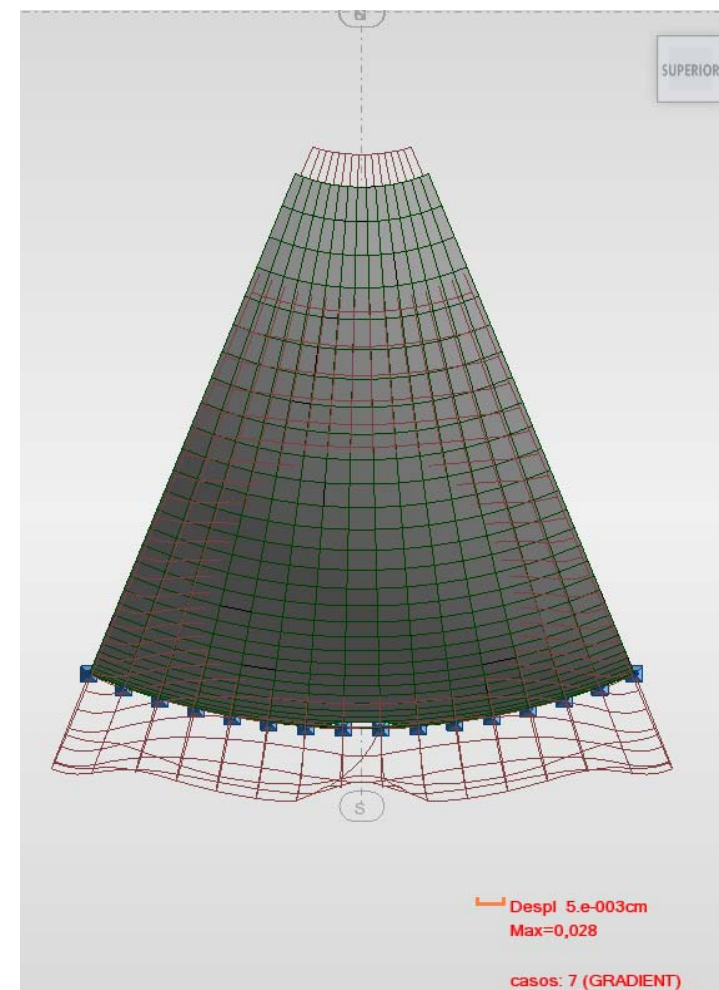
*Tensions xx. Superfície exterior.*





Deformacions

Com que en les gràfiques de deformacions de la combinació amb el gradient no s'arriba a apreciar quina és la deformació que aquest produeix, i és força difícil d'imaginar perquè les diferències de rigideses entre les diferents zones fa que el seu comportament sigui complex, a continuació es poden veure les deformacions que produeix el gradient sol, evidentment molt ampliades.



Deformacions per acció del gradient tèrmic



## 5.7 MODEL TRIAT I LA REALITAT OBSERVADA

Per tant, havent localitzat l'acció que podia provocar les esquerdes de la cúpula, calia verificar si aquesta esta capaç de produir unes tensions suficients com per a produir totes les esquerdes.

Per a això, es va realitzar un anàlisi no-lineal, en el que es creava l'esquerda en el punt més traccionat i es recalculava.

L'efecte que això té, és que es dissipen les tensions als laterals de l'esquerda, però s'acumulen en el seu extrem, el que significa que l'esquerda continuaria creixent.

Per tant, es modelitzava el creixement de l'esquerda i es reprocessava.

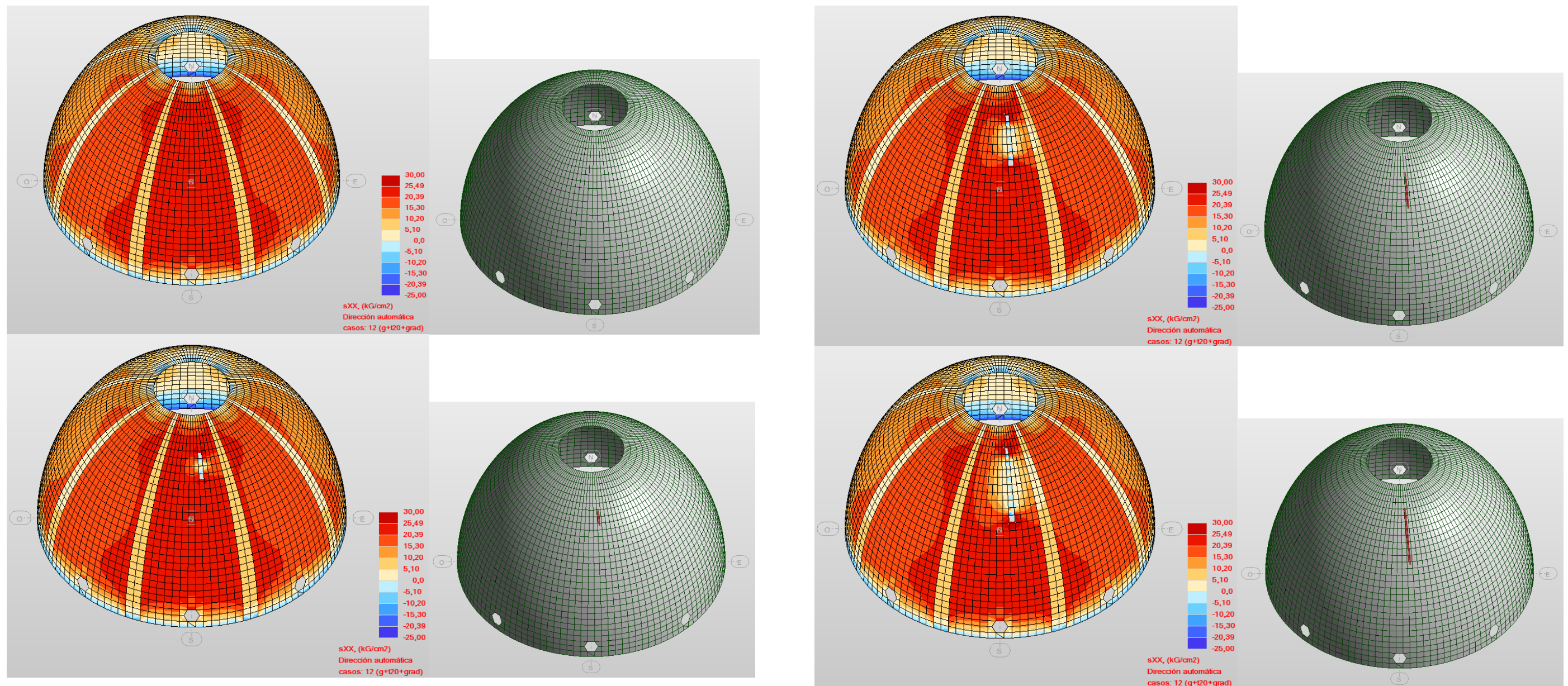
Així, en un procés iteratiu, fins que arribava un moment, en les zones comprimides o menys traccionades de la cúpula, on l'esquerda ja no té tensions de tracció altes en els seus extrems.

A partir d'aquí, s'observava el conjunt i continuaven existint tensions molt altes, les més altes en el galió adjacent, per tant es repetia el procés.

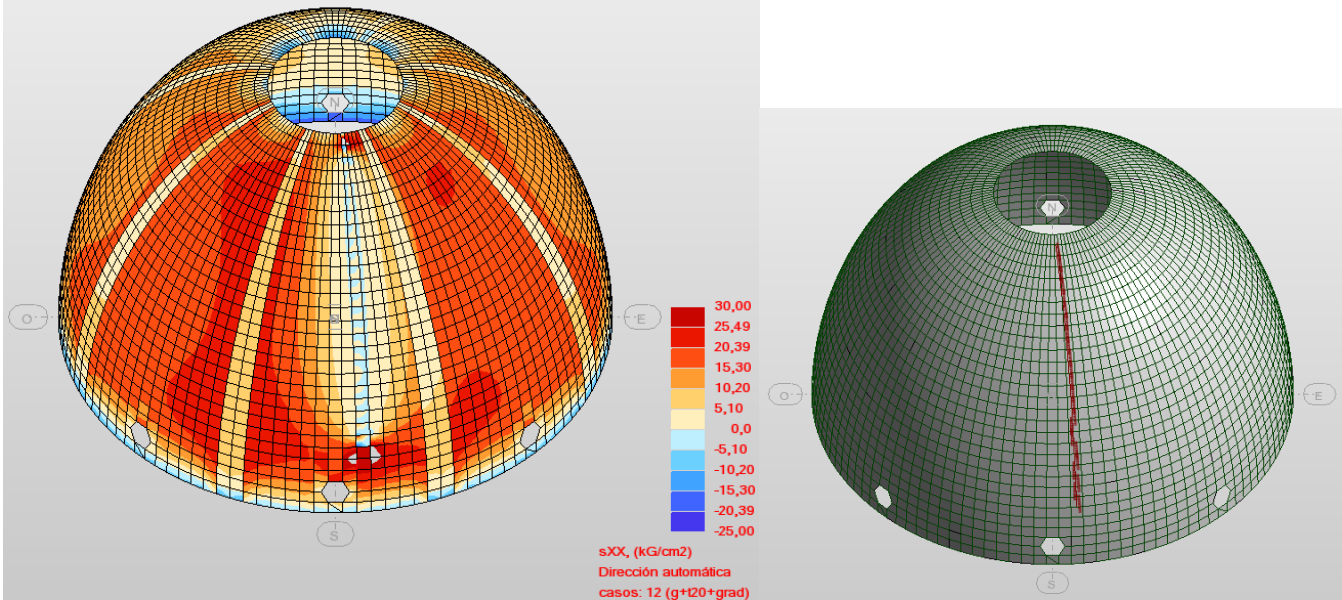
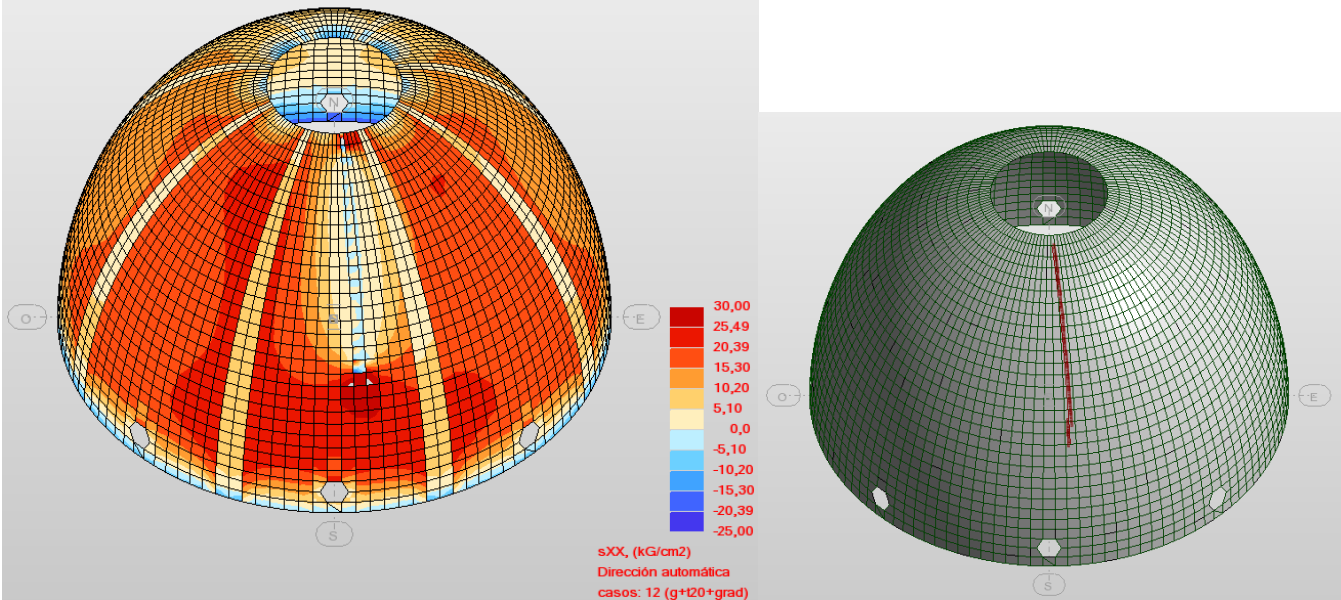
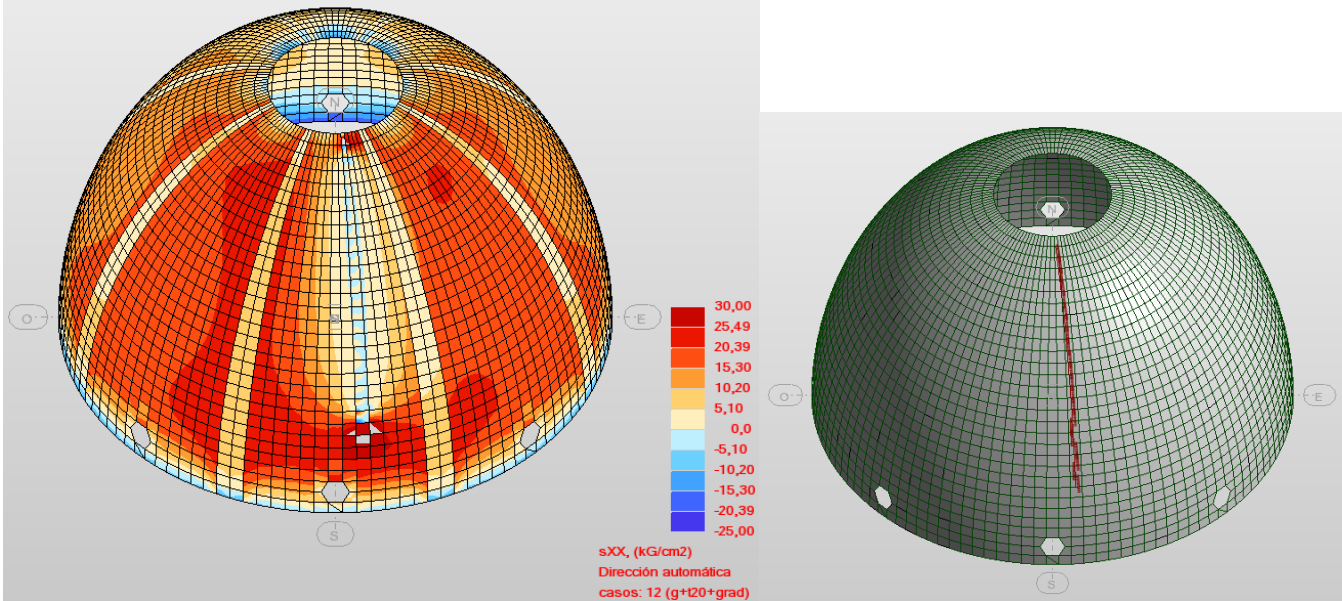
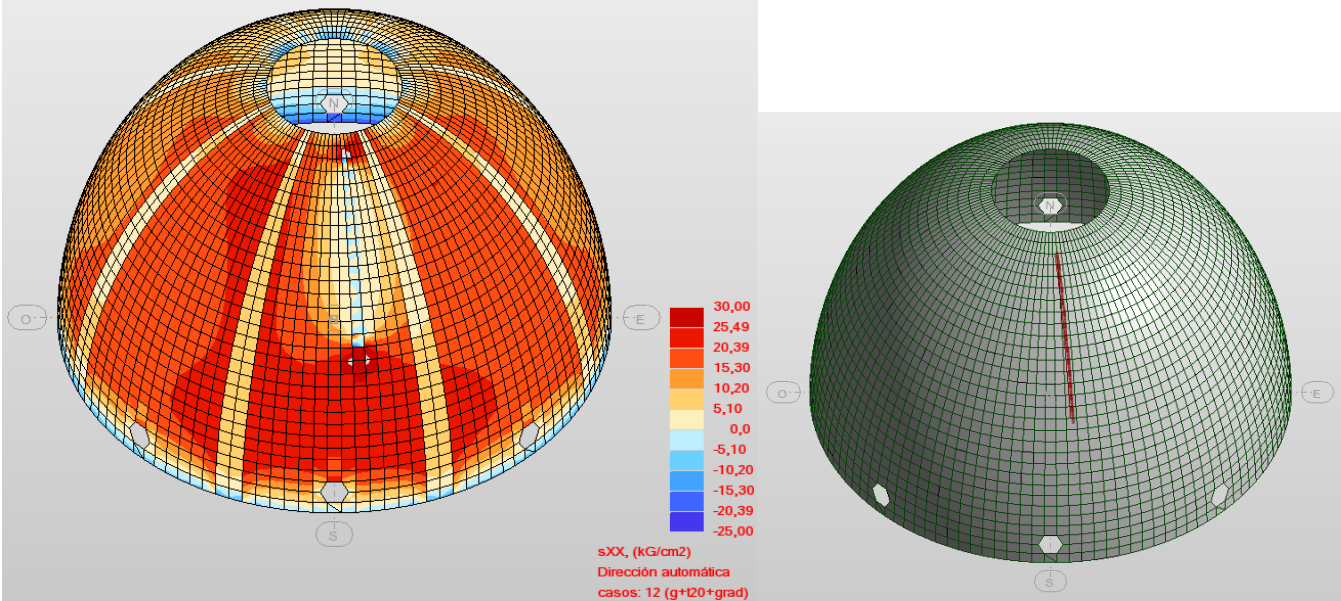
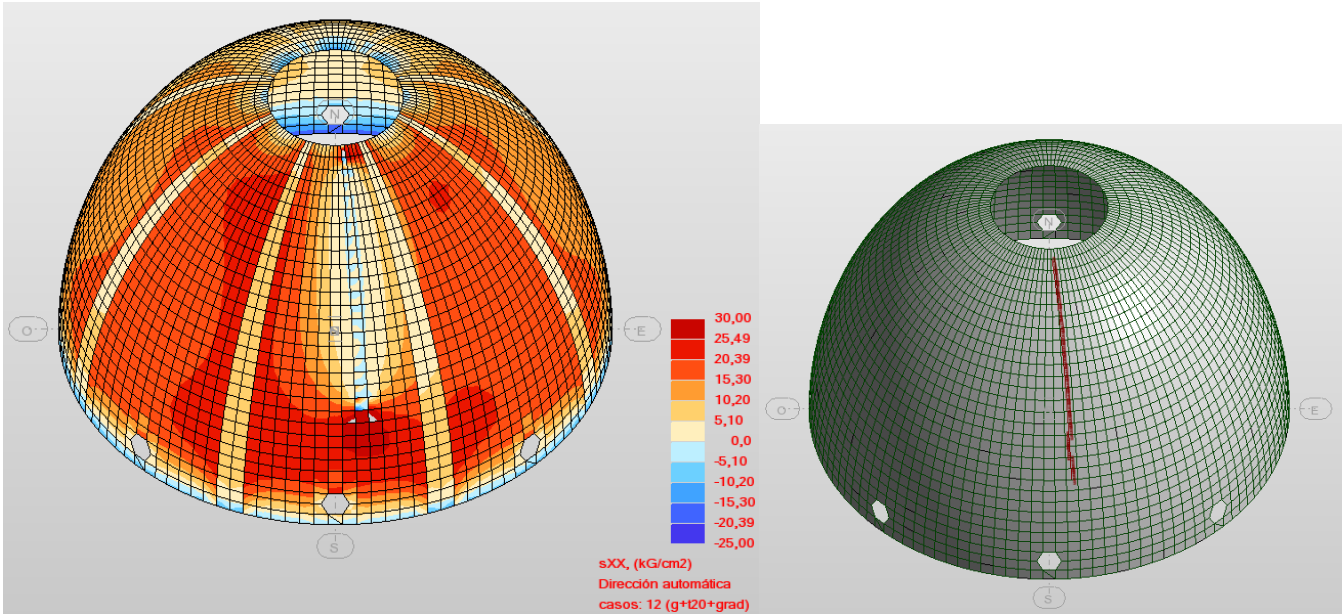
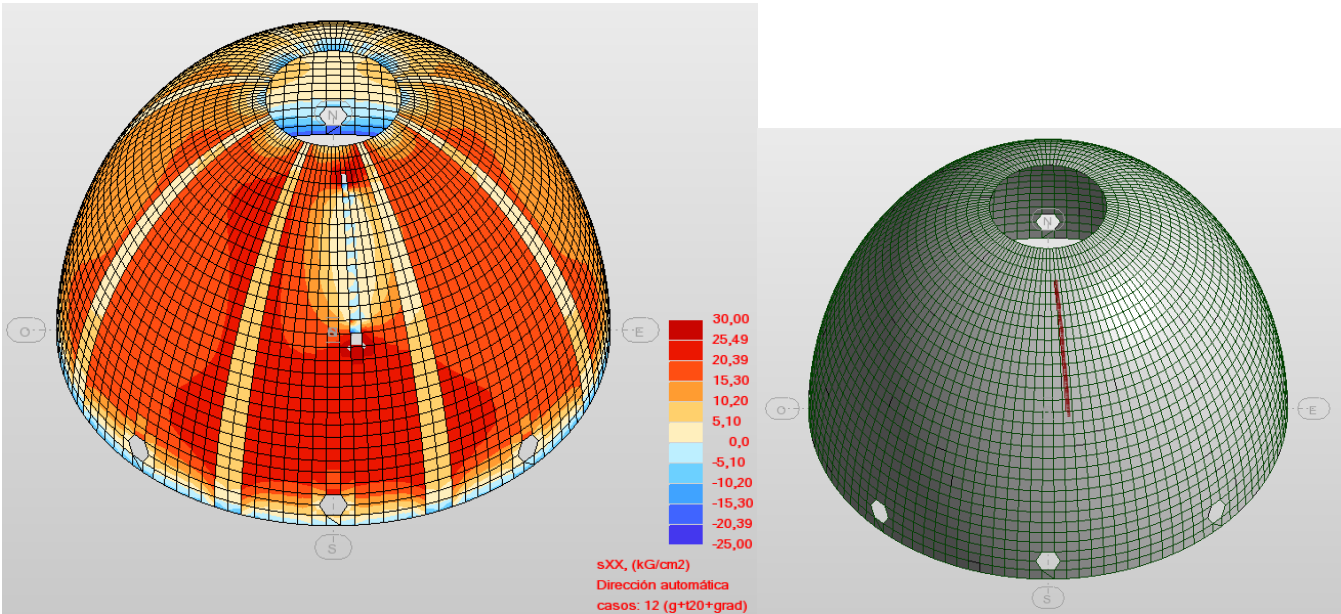
Amb això es va poder verificar que les tensions de tracció són suficientment altes com per crear totes les esquerdes existents, per tant es va confirmar que el model emprat era vàlid i que l'origen de les esquerdes era la variació tèrmica i la seva exposició a la radiació.

Cal tenir present que els model d'elements finits són una aproximació al comportament del elements, sobretot quan estem analitzant elements de fàbrica, doncs es fan una sèrie de simplificacions com per exemple que la fàbrica és un material continu, les característiques dels recolzaments o la falta de fregament en la creació d'esquerdes, però tot i això, és una bona eina que ens pot donar uns resultats força propers a la realitat, si el model està correctament calibrat.

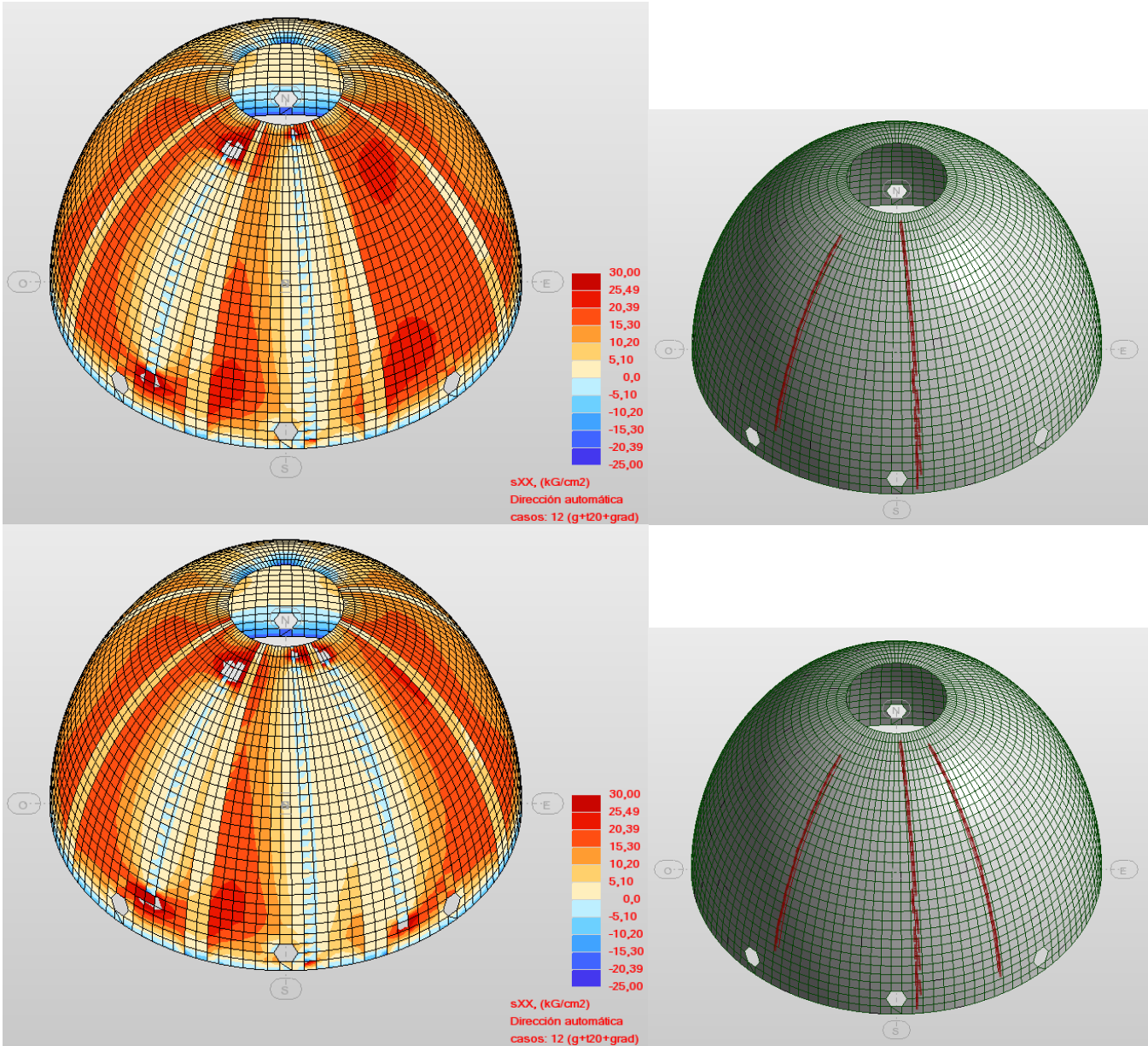
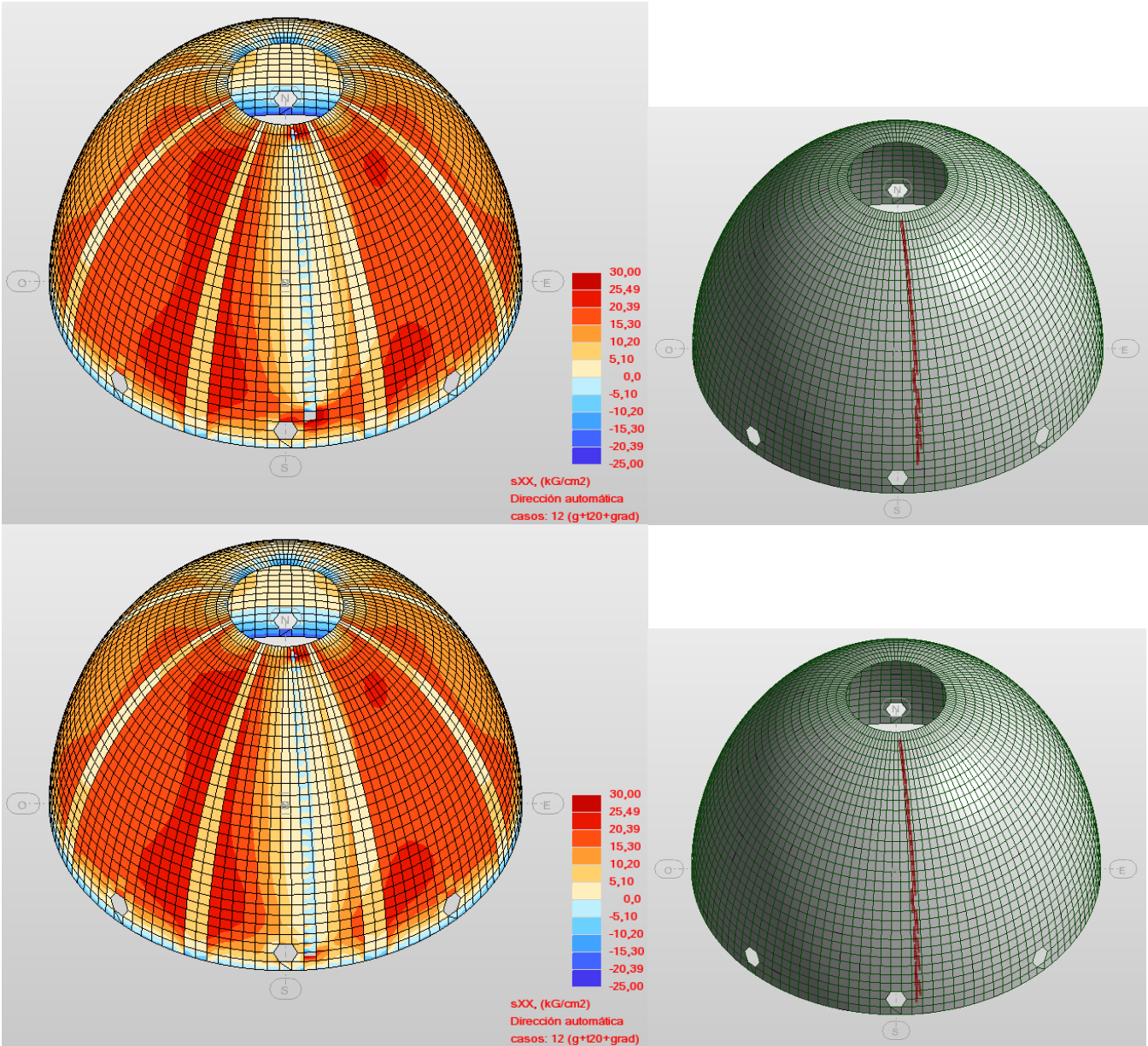
A continuació s'exemplifica aquest procés de càlcul.













## 6 DIAGNÒSTIC

Després d'un llarg procés d'anàlisi, les conclusions de la diagnosi de la cúpula de Sant Andreu del Palomar van ser que l'origen de les esquerdes que afecten a pràcticament tots el galions era l'acció tèrmica.

Aquesta acció tèrmica té 2 components:

- La dilatació tèrmica, deguda al a variació de temperatura entre l'estiu i l'hivern.
- El gradient tèrmic, degut a l'escalfament de la cara superficial exposada a la radiació solar directa i un interior més fred i ben ventilat. Aquesta component és la que major incidència té en l'aparició de les esquerdes de la cúpula.

### 6.1 NECESSITAT D'INTERVENIR EN LA CÚPULA

Una vegada realitzat el diagnòstic, calia avaluar la necessitat o no de realitzar una actuació i de quin tipus havia de ser.

És evident que les lesions de la cúpula no són noves i que la majoria d'elles existeixen des de poc temps després de la seva construcció, però això no significa que aquestes no tinguin incidència en el grau de seguretat del conjunt i es puguin deixar com estan.

Amb l'aparició de les esquerdes, que encara que inicialment siguin interiors, amb el pas del temps i per un procés de fatiga que produeix la repetició dels moviments, moltes han acabat travessant tota la secció i altres ho faran, amb el que es creen uns galions independents.

Aquests trams, que podríem assimilar a arcs o pilars independents i que estan sotmesos a càrregues de compressió, són molt esvelts en la direcció del gruix de la volta (22cm) i poden tenir problemes d'inestabilitats vinculades al vintlament.

Per tant, es necessari intervenir en la cúpula per tornar-li la seva continuïtat i per a això s'han d'absorbir les traccions horitzontals interiors que els esforços tèrmics produeixen.



## 7 PROPOSTA D'INTERVENCIÓ

### 7.1 ACTUACIONS EN LA CÚPULA

Com ja s'ha comentat anteriorment, les lesions de la cúpula estan produïdes per la diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior de la cúpula degut a la radiació solar. Aquest fenomen provoca l'aparició de traccions molt importants a la cara interior de la volta.

Per corregir aquest fenomen, es proposa un gunitat de formigó armat a la cara interior de la cúpula per suportar les traccions esmentades, així com l'ús d'un morter amb propietats aïllants per a preservar l'estructura dels efectes de la radiació. La proposta també contempla la reparació de les lesions existents.

A continuació es detalla les actuacions previstes en la rehabilitació de la cúpula, tot i que no totes estan vinculades amb les esquerdes estudiades en aquest treball.

En l'annex 1 s'adjunten els plànols més representatius del Projecte Executiu.

- **Actuacions prèvies.**

A la zona exterior, repicat de l'acabat de la cúpula, de nervis i cercols fins a deixar a la vista l'obra de fàbrica.

A la zona interior de la cúpula, es retirarà l'engaltat fins a deixar a la vista l'estructura metàl·lica.

- **Sanejament de peces ceràmiques i elements metàl·lics.**

Es repararan les fissures i esquerdes amb injeccions de morter i amb la col·locació de grapes.

A la zona exterior de la cúpula es realitzarà un sanejament dels galions repicant les juntes de morter en mal estat i rejuntant-les amb un morter de calç. Es substituiran les peces ceràmiques despreses.

A l'interior de la cúpula es sanejaran els perfils metàl·lics amb un sorrejat. Un cop executat s'aplicarà dues capes d'imprimació d'antioxidant i dues capes d'acabat alquídic.

- **Execució del sistema de cercol exterior i protecció dels elements interiors.**

S'executaran uns taladres a la cúpula per poder col·locar les barres d'ancoratge. Un cop realitzat es disposaran els cercols perimetrals amb 1 diàmetre 8mm cada 100cm.

Un cop executat es disposarà una capa de "mallatex" o similar per facilitar l'adherència de les següents capes.

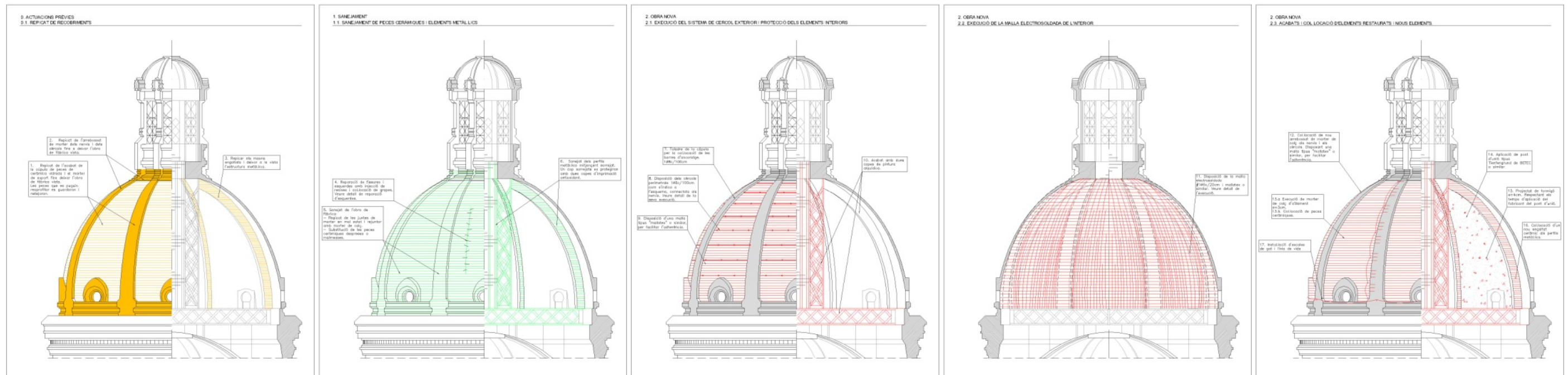
A l'interior de la cúpula es donaran dues capes de pintura alquídica. Un cop executada es recol·locarà un nou engaltat ceràmic.

A l'interior de la cúpula s'executarà una malla electrosoldada amb diàmetres 6 cada 20cm tipus mallatex o similar. Els rodons horitzontals seran els encarregats d'absorbir les traccions han provocat les esquerdes existents.

- **Acabats i col·locació d'elements restaurats i nous elements.**

Col·locació d'un nou arrebossat de morter de calç als nervis i cercols. Als galions es farà una capa de 3cm de morter de calç. A sobre es col·locaran les peces ceràmiques vidrades.

A l'interior de la cúpula es realitzarà un projectat de formigó de 4cm.



Procés constructiu de reforç i consolidació de la cúpula



## 7.2 ALTRES ACTUACIONS

Tot i que no són el nucli d'aquest estudi, com ja s'ha comentat, l'encàrrec sobre el que es basa aquest *practicum*, abastava algunes altre actuacions de l'Església de Sant Andreu del Palomar i a continuació s'expliquen les més importants.

Cal tenir present que per poder executar les intervencions prescrites s'hauran de muntar diferents bastides, que per la seva entitat tenen molta importància dintre del projecte:

Bastida espacial envoltant tota la cúpula per l'exterior, des de la part superior del tambor fins el final de la llanterna; recolzant-se únicament en les parets del tambor i en l'obertura superior de la cúpula, però mai en la volta de la cúpula.

Bastida interior recolzada sobre estructura metàl·lica existent, per accedir a la part interior de la cúpula.

Bastida espacial d'accés a la bastida de la cúpula i muntacàrregues, recolzant-se sobre el terreny i sobre els murs de càrrega de la sagristia.

Marquesina exterior que s'indicarà en el Pla de Seguretat protegint l'accés de les possibles caigudes de materials.

Bastides mòbils per actuacions de reparació d'esquerdes i substitució de baixants i canalons en la façana principal i laterals.

Bastides fixes per actuacions de reparació d'esquerdes i substitució de baixants i canalons en la façana nord i l'absis.

Un cop muntada les bastides corresponents es començarà amb les tasques de consolidació de la llanterna i la cúpula.

Les bastides necessàries es mantindran durant l'execució de les pintures figuratives, que queden fora de l'àmbit del present projecte.

### 7.2.1 LLANTERNA

Donat que aquest element té només problemes de degradació i envelliments dels materials, es proposa conservar-lo al màxim, però sotmetent-lo a un sanejament profund. Només s'enderrocarà i restituirà el cupulí ja que és l'element més exposat i el que es troba en pitjor estat.

- Retirada d'elements a rehabilitar en taller o substituir.

Es procedirà a la retirada del parallamps i la comprovació de la seva radiació.

Es retirarà la creu i es portarà a taller per la seva reparació i el seu posterior emmagatzematge.

Es procedirà al desmuntatge dels tancaments amb vidres emplomats. Aquests es numeraran i transportaran a taller per a la seva neteja i recuperació de les peces perdudes.

Es retiraran les peces de l'ampit i les motlles prefabricades i s'enderrocarà l'envanet interior de l'ampit.

- Repicat de recobriments i enderroc d'elements ceràmics.

Es realitzarà un desmuntatge dels galions de rajola ceràmica.

A la zona exterior de la llanterna es procedirà al repicat dels nervis del cupulí fins a deixar vista l'estructura metàl·lica a dues cares. També es repicarà l'arrebossat del pilars i del cercol fins a deixar la fàbrica de maó vista.

A la zona de l'interior de la llanterna, igual que a la zona exterior, es repicaran els pilars i el cercol perimetral fins a deixar vista la fàbrica de maó. El paviment s'enretirarà.

- Sanejat d'elements metàl·lics, reparació o substitució de les peces ceràmiques.

Un cop a la vista la fàbrica de maó i la estructura metàl·lica, es realitzarà un sanejament d'aquests substituint els elements que estiguin malmesos i realitzant un sorrejat sobre la estructura metàl·lica amb una granalla fins a arribar a un grau sa2. Posteriorment s'aplicaran dues capes d'imprimació d'antioxidant i dues capes d'acabat alquídic.

- Restitució d'elements ceràmics.

Exteriorment es refarà de nou el cupulí com s'indica al detall "execució del nou cupulí" al plànol P-04.

A l'interior de la llanterna es realitzarà un recobriment amb un nou engaltat als perfils metàl·lics.

- Restitució del paviment, elements prefabricats i l'arrebossat.

A la part exterior del cupulí s'executarà una capa de morter de calç de 3cm d'espessor.

Un cop realitzats els nous galions es procedirà a la restitució dels nous elements decoratius amb les peces recuperades. Igualment es realitzaran l'ampit i l'envanet interior.

A l'interior de la llanterna es realitzarà l'arrebossat de pilars i cercols també amb morter de calç. Es disposarà el nou paviment.

- Acabats.

Es col·locaran les noves peces de ceràmica vidrades fabricades a taller similars a les existents al cupulí directament sobre el morter de calç.

Es realitzarà un junt de dilatació al pla de contacte de l'ampit amb el pilar amb un element elàstic que permeti el moviment.

Es pintarà tot l'interior de la llanterna.

- Col·locació d'elements restaurats i nous elements.

Es restituirà la creu un cop reparada i es col·locarà el parallamps. Igualment es procedirà amb les finestres que es van retirar.

S'instal·larà una escala de gat i una línia de vida per poder realitzar tasques de manteniment.

### 7.2.2 PASSERA

Per facilitar el posterior manteniment de la volta es realitzarà una nova passera interior, recolzada sobre les jàsseres radials i el tambor.

### 7.2.3 REPARACIONS LOCALS

El projecte preveu la reparació exhaustiva de totes les lesions del transsepte, posant especial atenció en els problemes estructurals i en les humitats i despreniments que han portat a restringir l'accés a aquesta zona.

Reparació de les llindes trencades del tambor amb fibres de carboni.

Reparació de les esquerdes en la part inferior del tambor amb grapes.

Reparació de les esquerdes en els petxines amb grapes.

Reparació de les esquerdes dels arcs amb fibres de carboni.

Reparació de les zones de coberta amb filtracions.

Reparació de les zones amb despreniments i humitats.



## 8 CONCLUSIONS

L'objectiu d'aquest estudi, que era la determinació de l'origen de les lesions de la Cúpula de Sant Andreu del Palomar per poder determinar la intervenció més adient, s'ha complert.

Després d'un llarg procés d'anàlisi, les conclusions de la diagnosi de la cúpula són que l'origen de les esquerdes que afecten a pràcticament tots el galions és l'acció tèrmica.

Aquesta acció tèrmica té 2 components:

- La dilatació tèrmica, deguda al a variació de temperatura entre l'estiu i l'hivern.
- El gradient tèrmic, degut a l'escalfament de la cara superficial exposada a la radiació solar directa i un interior més fred i ben ventilat. Aquesta component és la que major incidència té en l'aparició de les esquerdes de la cúpula.

Les conclusions que es poden extreure del procés d'anàlisi són que amb geometries complexes, com la que ens ocupa, és difícil d'intuir el comportament que poden tenir front a les diferents sol·licitacions a les que estan exposades i fins i tot, pot resultar difícil d'entendre. En aquests casos els models d'elements finits poden ser de gran ajuda.

Els models d'elements finits són molt apropiats per a elements laminars, com les cúpules, i ens poden donar resultats molt propers al seu comportament real, sempre i quan el model estigui ben calibrat.

Evidentment s'ha de tenir present les limitacions del sistema, doncs hi ha algunes variables que no pot tenir en compte, com la discontinuïtat en un material com la fàbrica, el fregament intern de les esquerdes o algunes condicions de contorn.

Prèviament a la realització dels models, sempre caldrà fer unes hipòtesis de partida i plantejar unes possibles línies de treball i per a això és important recolzar-se en referències bibliogràfiques i en casos reals.

Una vegada realitzat el diagnòstic, calia avaluar la necessitat o no de realitzar una actuació i de quin tipus havia de ser.

És evident que les lesions de la cúpula no són noves i que la majoria d'elles existeixen des de poc temps després de la seva construcció, però això no significa que aquestes no tinguin incidència en el grau de seguretat del conjunt i es puguin deixar com estan.

Amb l'aparició de les esquerdes es creen una sèrie de galions independents, donat que encara que inicialment les esquerdes fossin interiors, amb el temps i per un procés de fatiga per la repetició dels moviments, moltes han acabat travessant tota la secció i altres ho faran en un futur.

Aquests trams, que podríem assimilar a arcs o pilars independents i que estan sotmesos a càrregues de compressió, són molt esvelts en la direcció del gruix de la volta (22cm) i poden tenir problemes d'inestabilitats vinculades al vinclament.

Per tant, es necessari intervenir en la cúpula per tornar-li la seva continuïtat i dotar-la de capacitat per d'absorbir les traccions horitzontals interiors que els esforços tèrmics produeixen. La proposta d'intervenció plantejada és la realització d'un gunitat de formigó amb un armat seguint aquestes traccions.



## 9 BIBLIOGRAFIA

[1] Salvatori, M. y Heller, R. *Estructuras para arquitectos*. CP67, 1998.

[2] Heyman, J. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica*. Instituto Juan Herrera, 1995.

[3] Croci, G. *Proyecto básico y de ejecución. Refuerzo y reparaciones de la cúpula del Santuario de Loyola*. Azpeitia. Proyecto original de Junio de 1992.

[4] Fotografies preses i cedides pel col·laborador en el projecte, Josep Baquer, 2010.

### 9.1 BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTÀRIA

- **Sobre el comportament de les cúpules:**

Heyman, J. *El esqueleto de piedra*. Instituto Juan Herrera, 1999.

Huerta, S. *Arcos, bóvedas y cúpulas: Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan Herrera, 2004.

Mañà Reixach, F. *Estructures a l'edificació*. Col·lecció d'Arquitectura 19. Edicions UPC, 2007.

Carmona Barrero, J.D. *Curso sobre bóvedas: Introducción a las técnicas de ejecución y restauración*. Consultores de Arquitectura Técnica y Rehabilitación y Escuela Politécnica de Cáceres, 1999.

Lozano, G. y Lozano, A. *Cursos técnicas de intervención en el patrimonio arquitectónico. Tomo II. Reestructuración de edificios de muros de fábrica*. Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos La Coruña, 1995.

- **Sobre anàlisi amb models d'elements finits:**

Oñate, E. *Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos*. Análisis estático lineal. CIMNE, 1995.

- **Sobre els materials ceràmics:**

García de Miguel, J.M. *Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros en monumentos y construcciones*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2009.

Casanovas, X. et al. *Manual de diagnosi i intervenció en sistemes estructurals de parets de càrrega*. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 1995.



## 10 AGRAÏMENTS

Al meu director de PFG, Joan Ramon Rosell, per la seva orientació.

Al meu mestre i mentor, David Garcia Carrera, pels coneixements que m'ha transmès al llarg del anys.

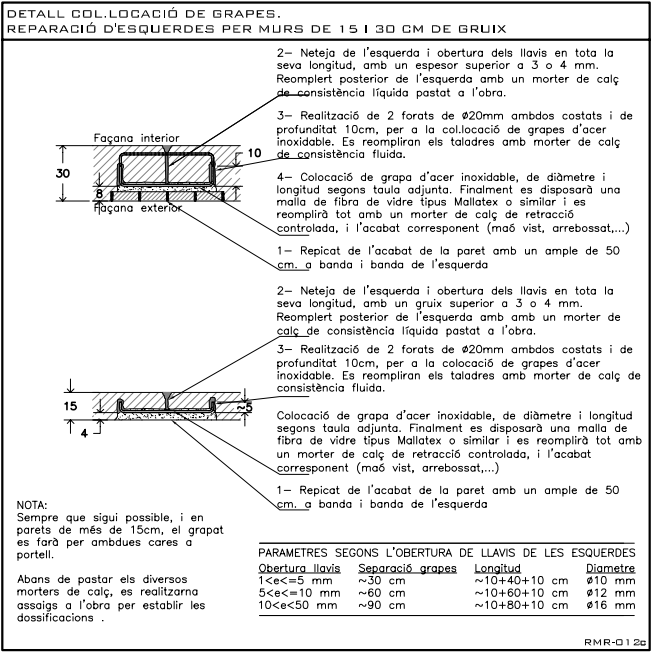
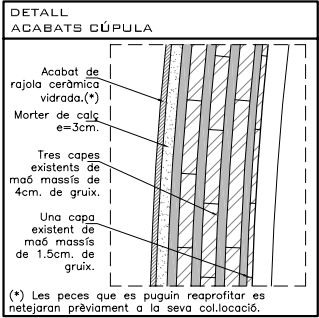
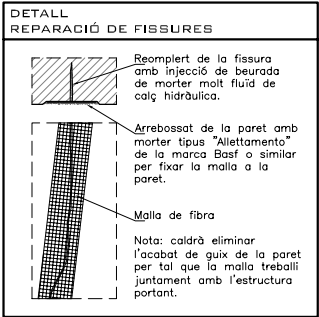
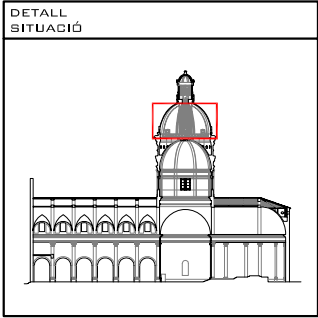
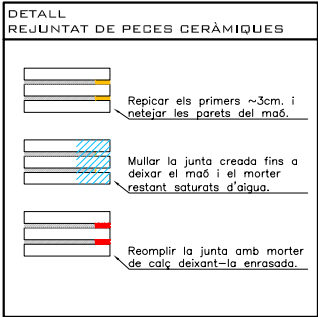
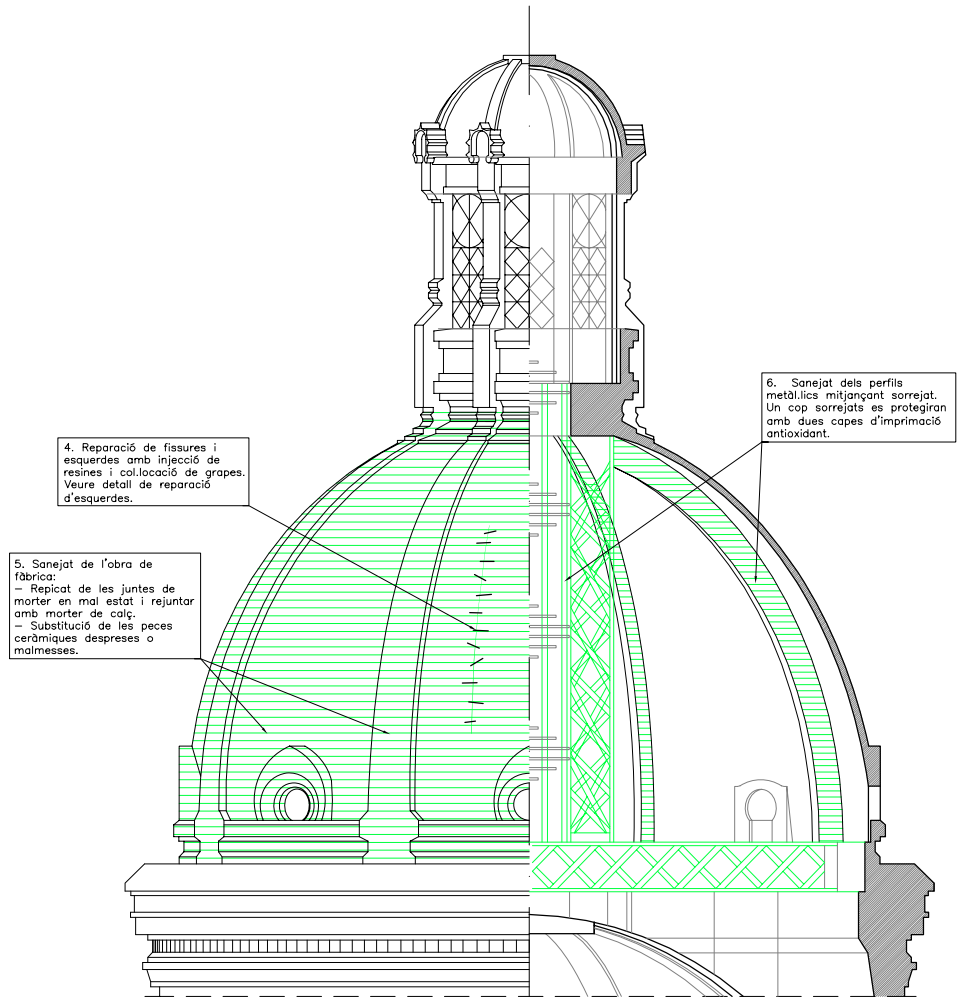
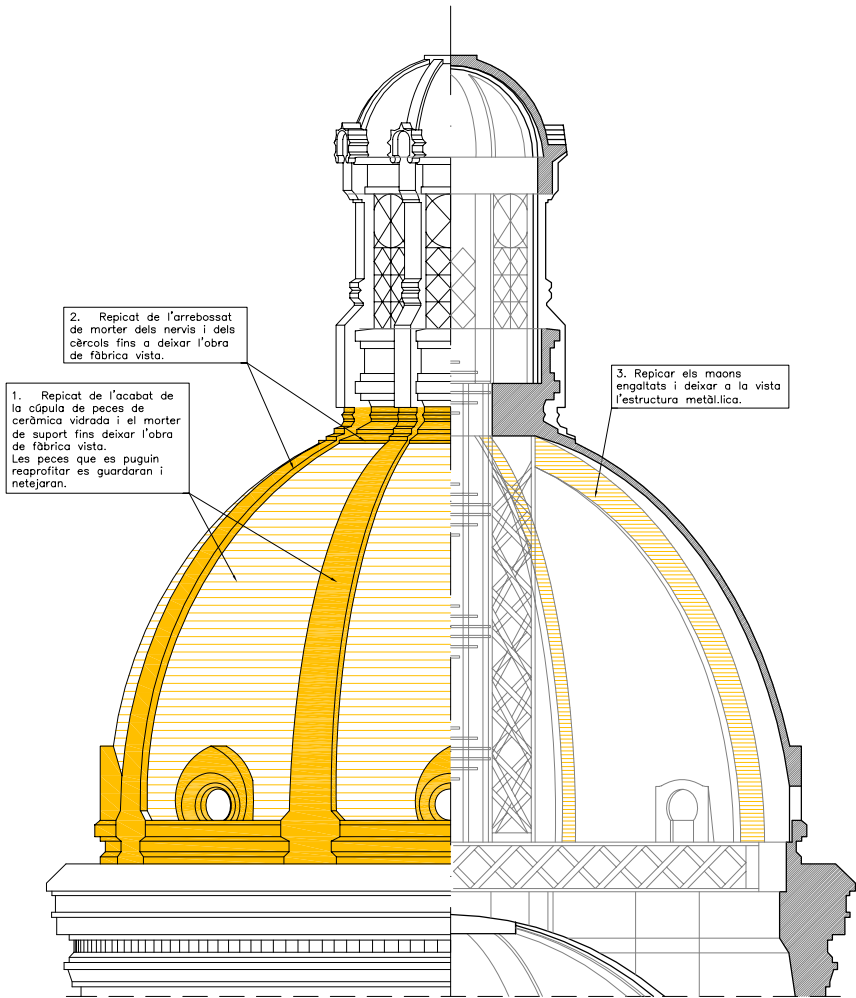
Als companys Josep Baquer i Marc Cuesta, per la seva col·laboració en el projecte.

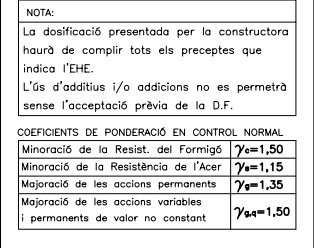
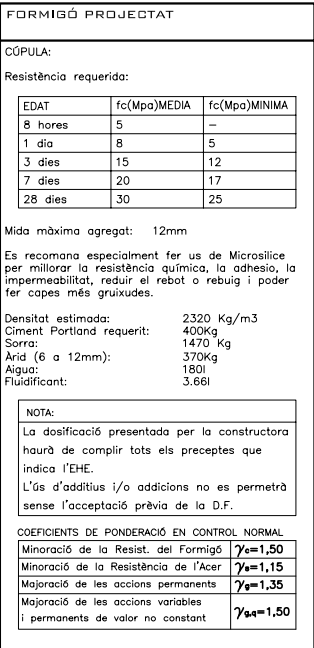
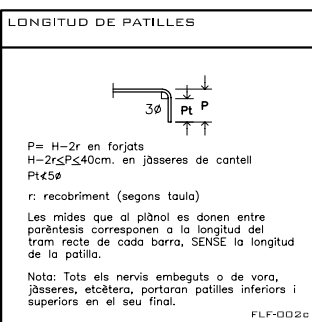
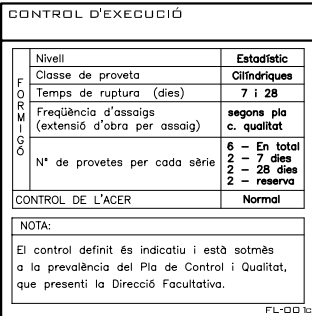
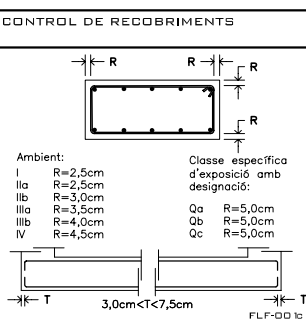
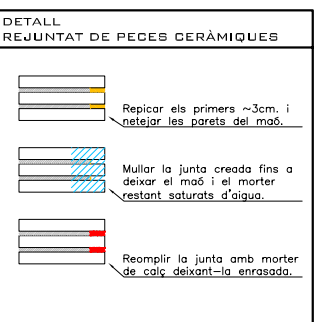
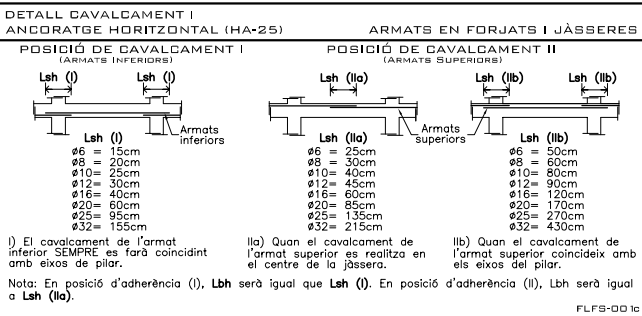
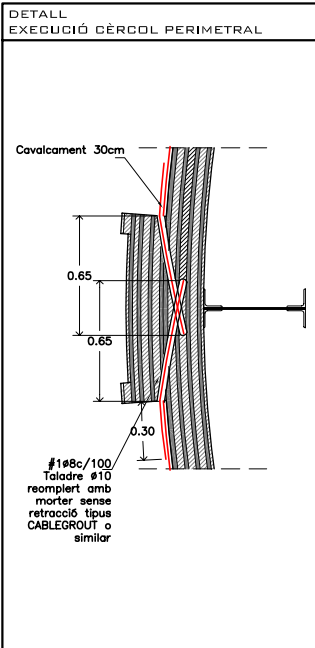
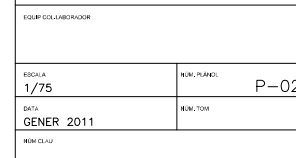
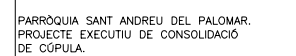
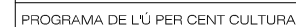
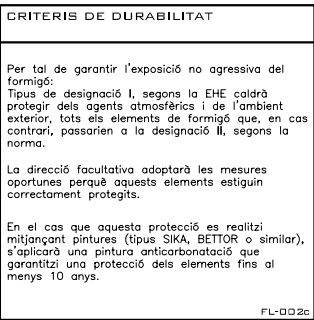
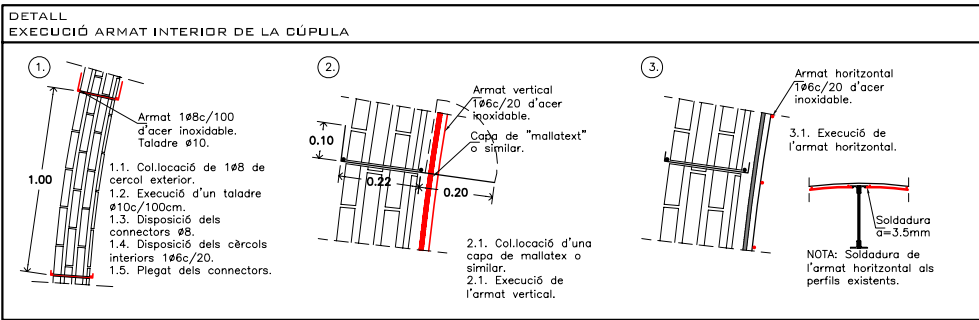
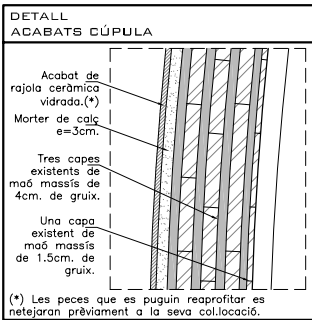
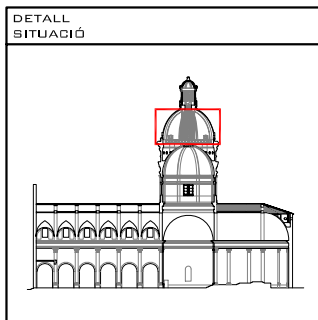
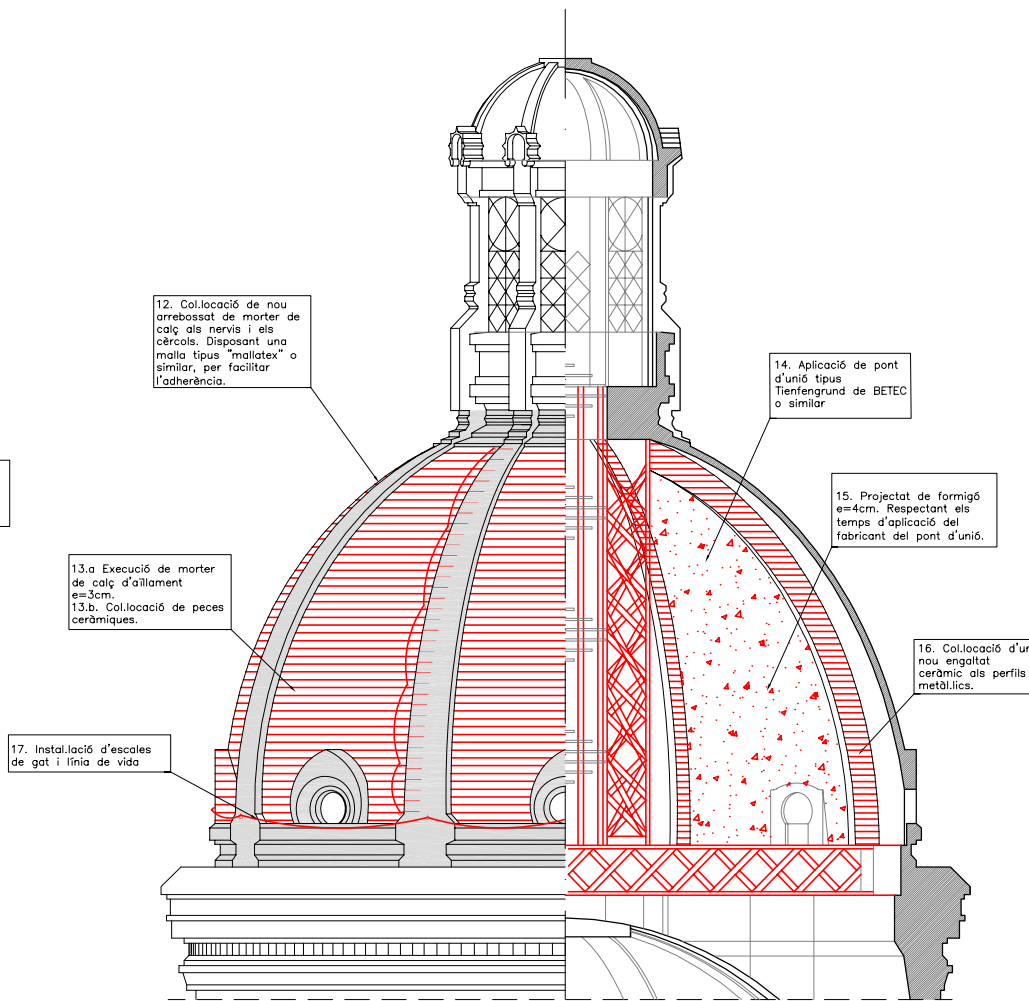
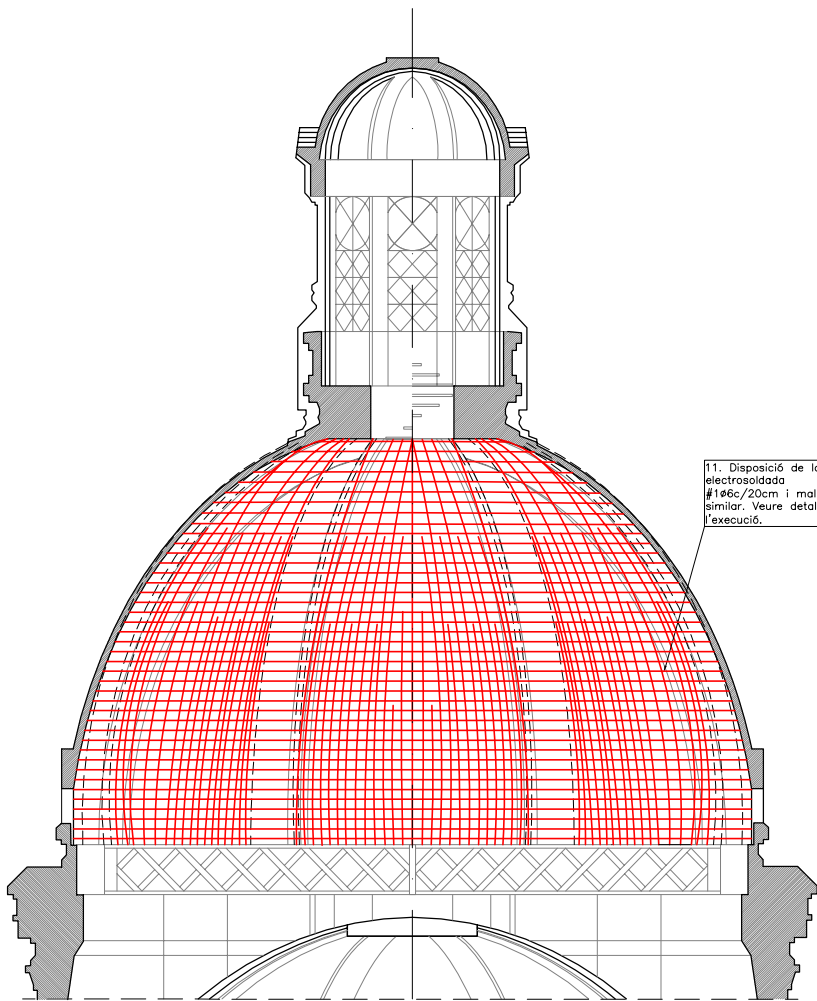
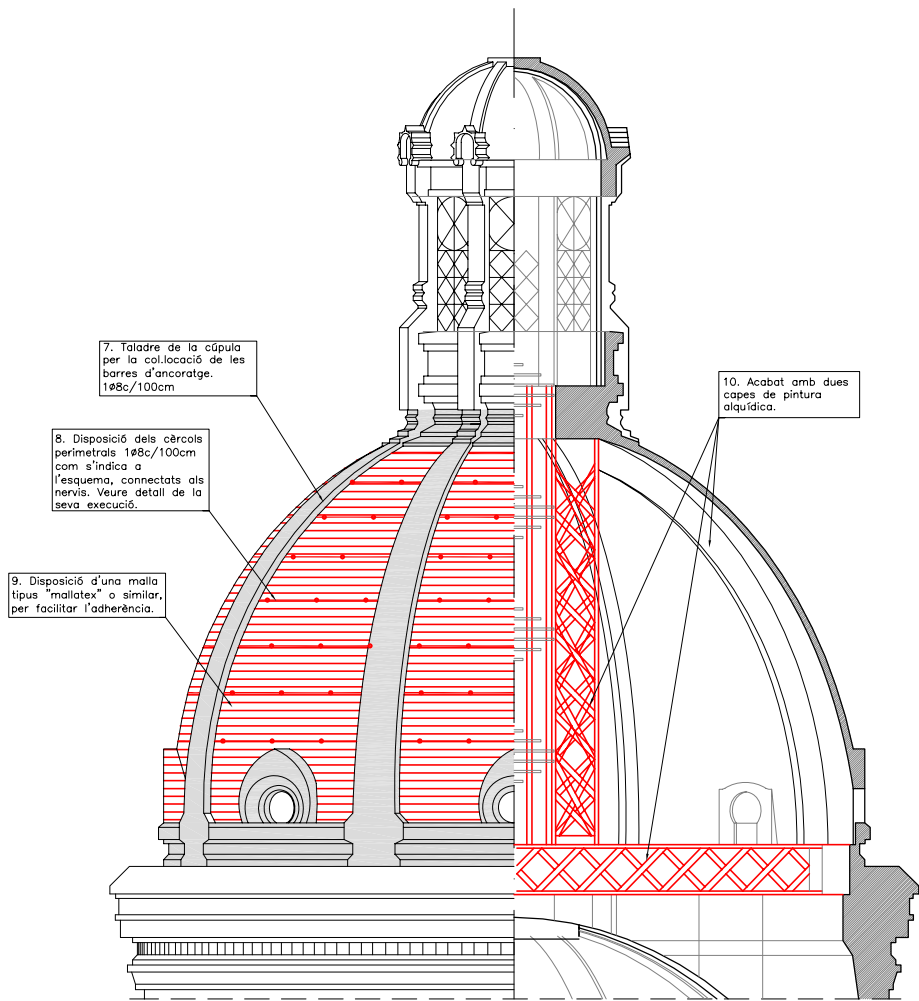
A la meva família, pel seu recolzament incondicional.

## **11 ANNEXES**

### **A1.ANNEX 1. RESUM PLÀNOLS DEL PROJECTE EXECUTIU**

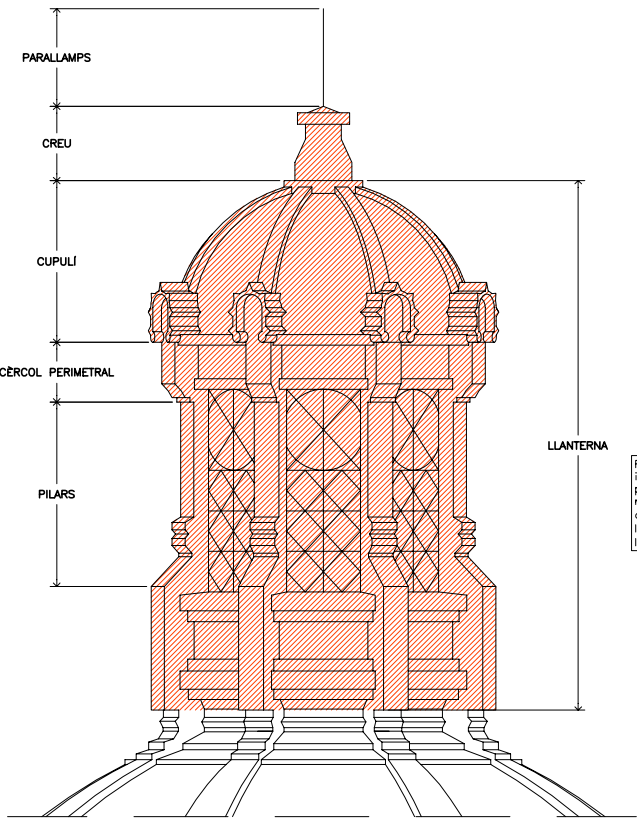




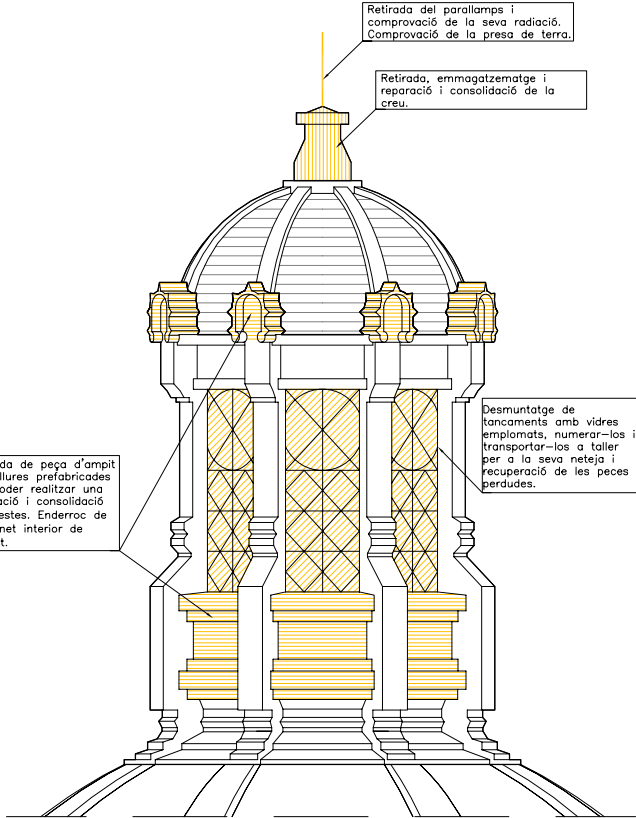




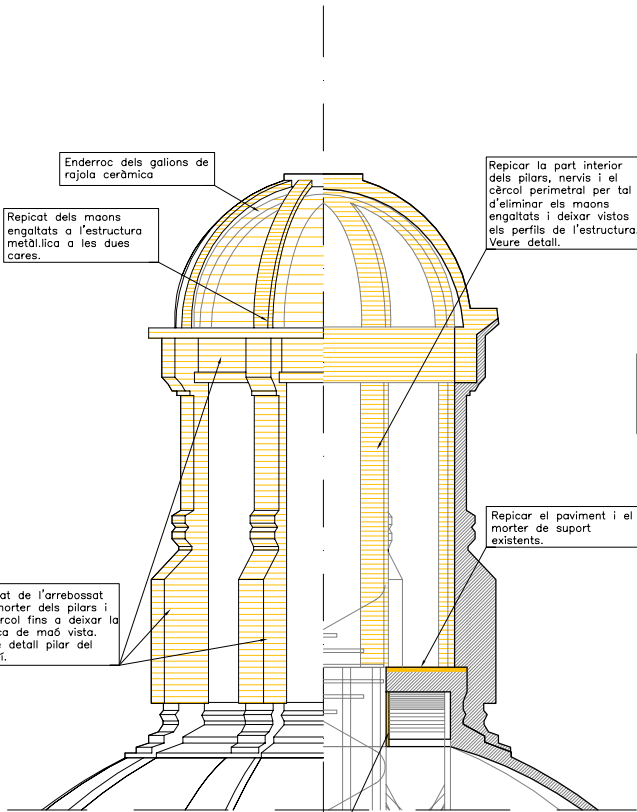
LLANTERNA  
NOMENCLATURA DE LES PARTS



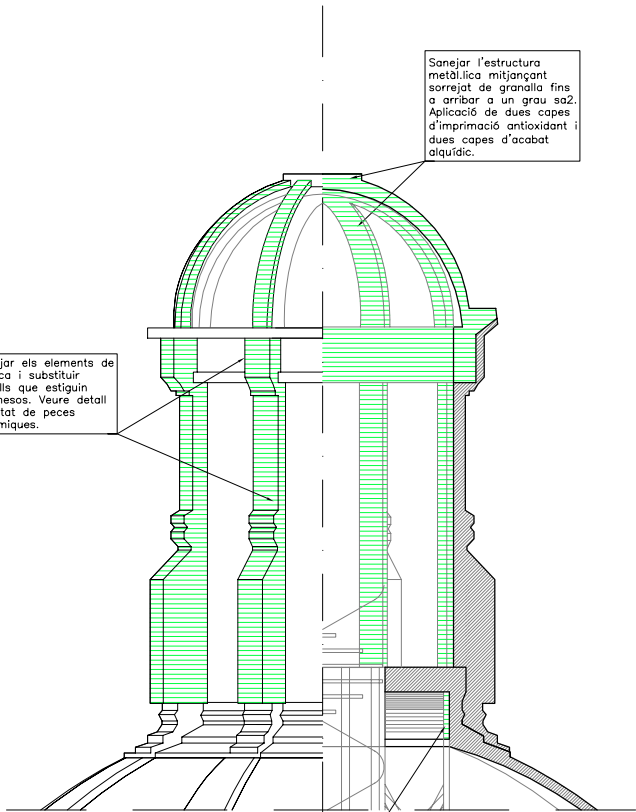
0. ACTUACIONS PRÈVIES  
RETIRADA D'ELEMENTS A REHABILITAR EN TALLER O SUBSTITUIR



1. REPICATS I ENDERROCS  
1.2. REPICAT DE RECOBRIMENTS I ENDERROC D'ELEMENTS CERÀMICS



2. SANEJAT  
2.1. SANEJAT D'ELEMENTS METÀL·LICS, REPARACIÓ O SUBSTITUCIÓ DE PECES CERÀMIQUES



DETALL  
REJUNTAT DE PECES CERÀMIQUES

Repicar els primers ~3cm. i netejar les parets del maó.

Mullar la junta creada fins a deixar el maó i el morter restant saturats d'aigua.

Reomplir la junta amb morter de calç deixant-la enrasada.

NOTA  
PECES DEL CUPULÍ

Intentar reaprofitar les peces durant el desmunt del cupulí.

Aquestes que no es puguin aprofitar es refaran mitjançant motlles.

DETALL  
EXECUCIÓ DEL NOU CUPULÍ

1. Estat actual de la planta del cupulí.

2. Eliminació de les peces ceràmiques envitrades i de la capa de morter exterior.

3. Enderroc de la volta ceràmica existent.

4. Eliminació de l'engaltat dels nervis i sorrejat dels perfils metàl·lics. Aplicació de dues capes d'imprimació antioxidant i dues capes d'acabat alquídric.

5. Recobriments dels nervis metàl·lics amb un nou engaltat ceràmic.

6. Restitució de la volta ceràmica existent.

7. Execució d'una capa de morter de calç c=3cm.

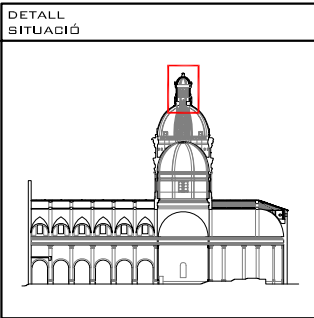
8. Disposició de les peces d'envitrat sobre el morter de calç.

9. Pintat de la cara interior del cupulí.

DETALL  
PILAR DE CUPULÍ

1. ESTAT ACTUAL

2. ELIMINACIÓ DE L'ACABAT



BIS CONSULTORS BIS ARQUITECTES

DIRECTOR TÈCNIC: DAVID GARCIA, ARQ.  
CAP D'EQUIP: AMPARO LECHE, ARQ. TÈC.  
RBLE. PROJECTES: MARC CUESTA, ARQ.  
COL·LABORADOR: JOSEP BAQUER, ARQ. TÈC.  
EXPEDIENT BIS 3085  
L-0010

INCASOL Institut Català de Sol

GENERALITAT DE CATALUNYA  
Departament de Cultura  
Departament de Política Territorial i Obres Públiques  
Direcció General d'Arquitectura i Paisatge  
Direcció General del Patrimoni Cultural  
Institut Català del Sol  
Secretaria General Tècnica

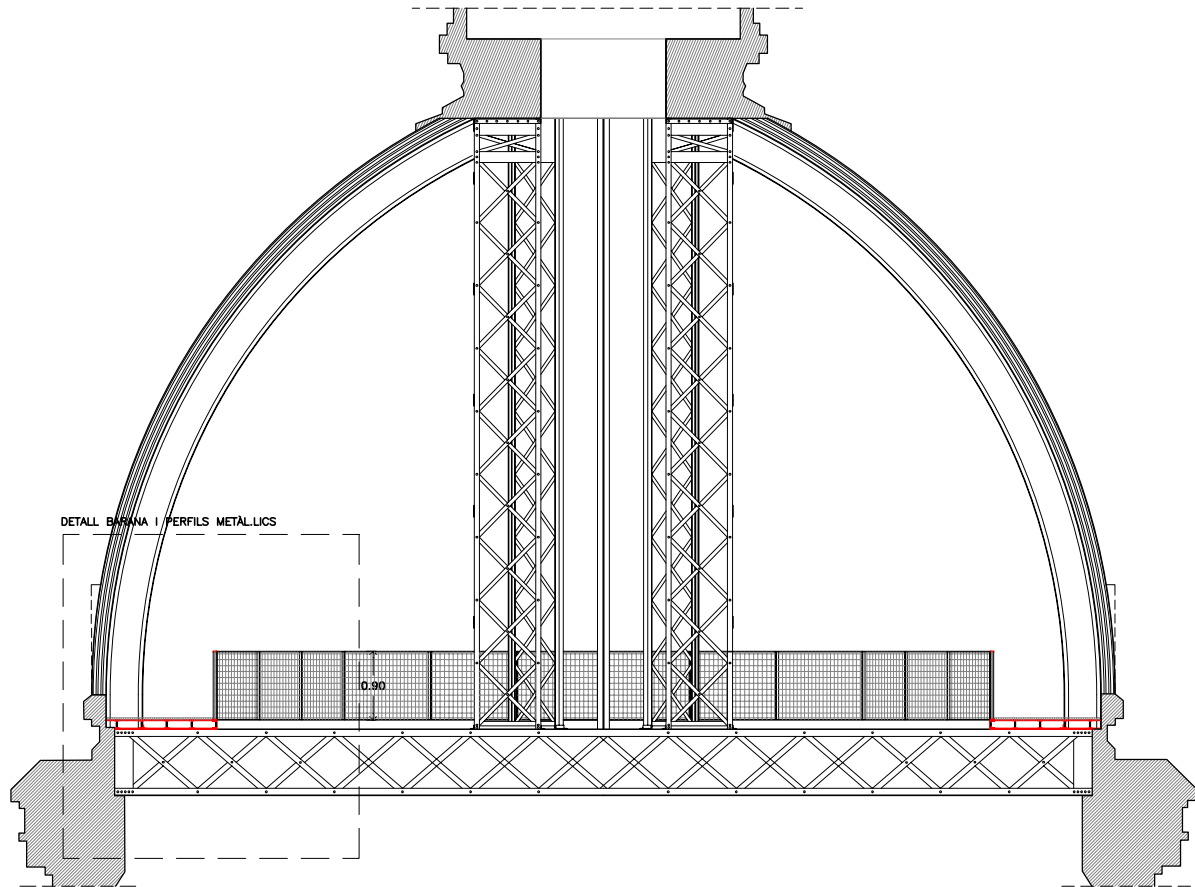
PROGRAMA DE LÚ PER CENT CULTURAL

PARROQUIA SANT ANDREU DEL PALOMAR.  
PROJECTE EXECUTIU DE CONSOLIDACIÓ DE CÚPULA.

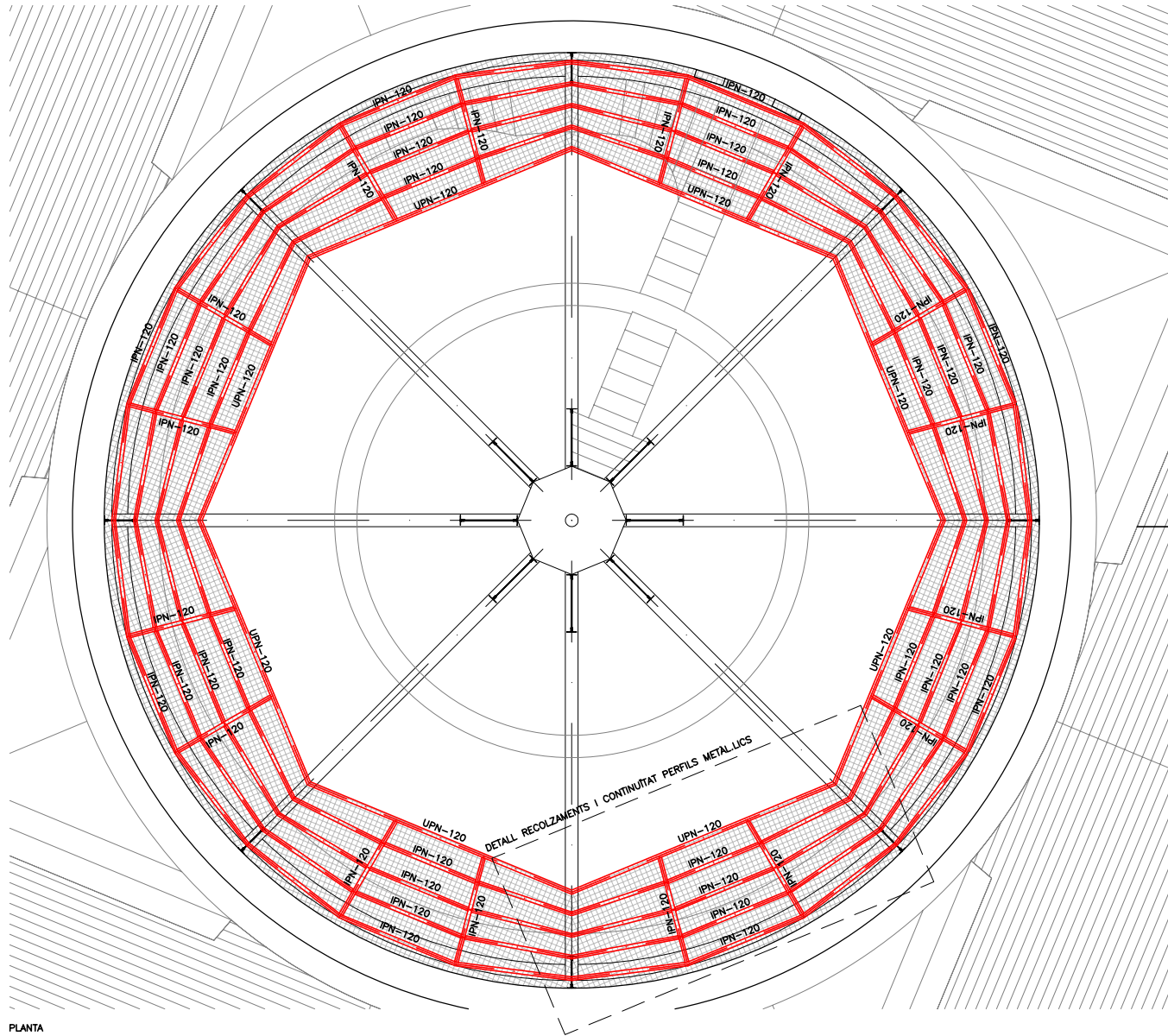
BARCELONA  
BARCELONÈS  
PROJECTE. PROCÉS D'INTERVENCIÓ A LLANTERNA INTERVENCIÓ PRIORITÀRIES  
DAVID GARCIA I CARRERA  
CONSULTORS BIS ARQUITECTES  
ESQUILA 1/50  
DATA: GENER 2011  
NOM CLAU: P-03







SECCIÓ S-S'



PLANTA

#### ESTAT DE CÀRREGUES

Passera metàl·lica	Manteniment
Pes propi	0.50 KN/m²
Càrregues permanents	1.00 KN/m²
Sobrecàrrega d'ús	2.00 KN/m²
Sobrecàrrega de neu	---
TOTAL	3.50 KN/m²

#### ESTRUCTURA METÀL·LICA

CARACTERÍSTIQUES	
Tipus d'Acèr	S 275 JR
Limit elàstic	275 N/mm²
Minoració de resistència	1,05
NORMES A COMPLIR	
DBSE-ACERO, UNE-EN 1090-1:1997	
Perfis	UNE-EN 10210, UNE-EN 10219
Xapes i platinas	UNE-EN 10025
En la recepció dels elements metàl·lics es comprovarà que la màxima deformació serà < L/1000 o <3 mm. Es comprovarà la forma de 1 de cada 5 elements.	
Tots els elements es protegiran amb dues mans, amb ombres de colors diferents, de pintura de protecció antioxidació prèvia a l'acabat.	
El muntatge de l'estructura metàl·lica es realitzarà amb ajuda dels perfils d'encastament suplementaris que es necessitin i es retiraran al finalitzar l'obra.	

AL-0012

#### UNIONS METÀL·LIQUES

NORMES A COMPLIR	
SOLDADURES:	DBSE-ACERO, UNE-EN-1090-1:1997
SOLDADURES:	UNE-EN ISO 14555:1999
QUALIFICACIÓ SOLDADORS	UNE-EN 287-1:1992

#### EXECUCIÓ I CONTROL DE SOLDADURES

Es realitzarà una inspecció visual en tota la longitud de totes les soldadures. No s'admetran variacions de cordó ni defectes aparents.

Les soldadures transversals d'unions i de peces armades s'inspeccionaran les cinc primeres de cada tipus; si, si aquestes compleixen, es procedirà als assaigs d'una de cada cinc de cada tipus.

Les soldadures longitudinals de totes les unions s'assajaràn 0,5m cada 10,0m o part, incloent-hi una de cada quatre extrema de soldadura.

Seguint el pla de control de la Direcció Facultativa i el plec de condicions específiques, s'efectuaran els assaigs dels cordons indicats per radiografia o per líquid penetrant.

Totes les soldadures a topall es faran amb preparació d'arestes a basall per mètode mecànic de les peces a unir. No s'apadernaran en obra materials sense aquest requisit.

AL-0032

#### PRESCRIPCIONS PER A SOLDADURES

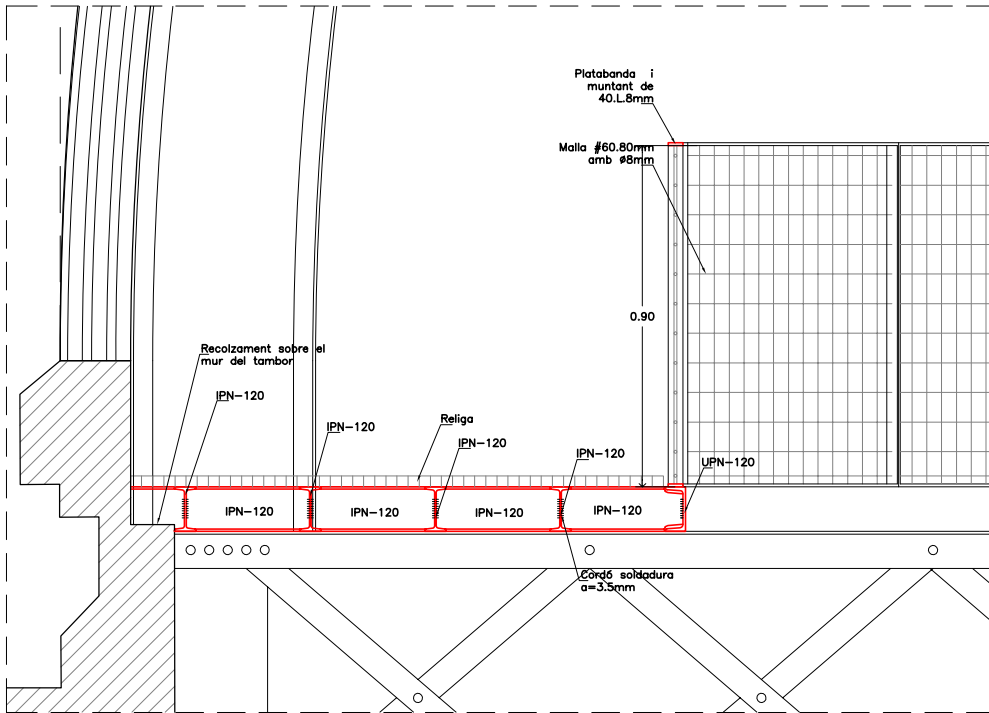
La longitud del cordó de soldadura indicada en els plànols, correspon a la longitud eficaç, sense incloure els cràters extrems d'encabament i tall d'arc que en cap cas tindran una longitud major a a (éssent "a" el valor del coll de soldadura en mm).

En les soldadures en angle es pendrà el coll a seguint les indicacions dels plànols de detall.

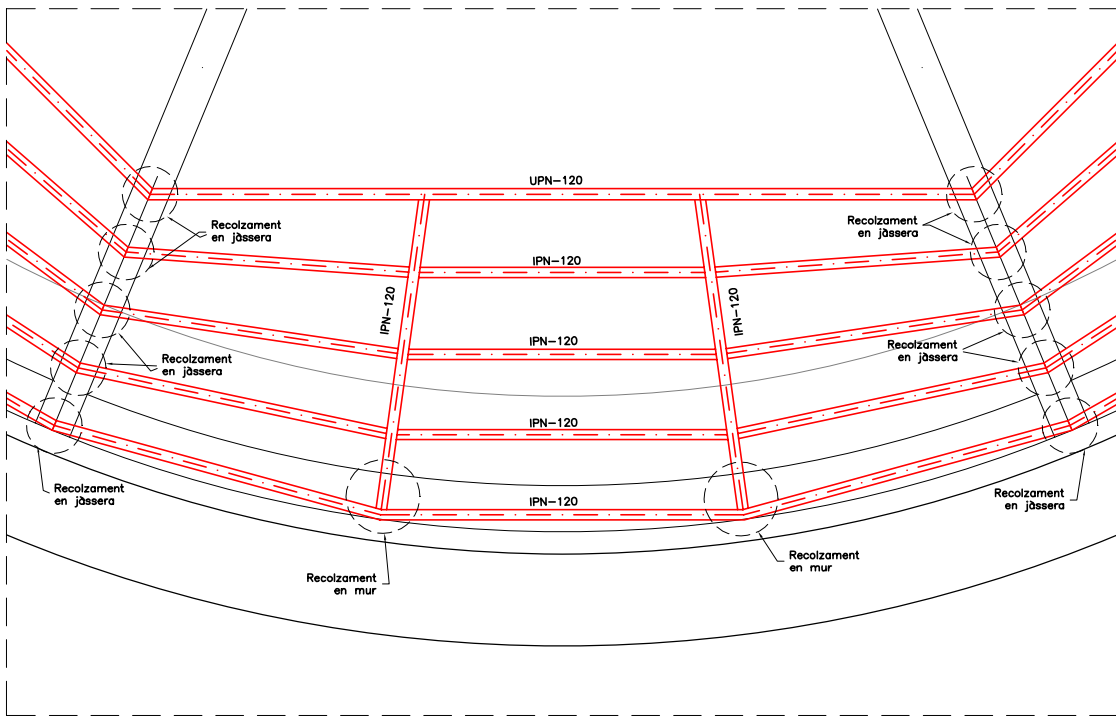
En les soldadures a topall i les estructures sotmeses a càrregues dinàmiques es preceptiu evitar els cràters extrems.

Es prohibeix tot refredament anormal o excessivament ràpid de les soldadures éssent preceptiu prendre les precaucions precises per evitar-ho.

AL-0032



DETALL BARANA I PERFILS METÀL·LICS  
E:1/10



DETALL RECOLZAMENTS I CONTINUITAT PERFILS METÀL·LICS  
E:1/20

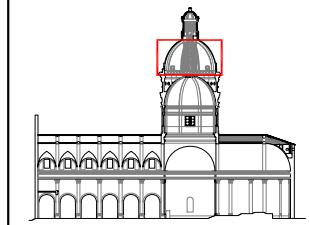
#### UNIONS DE FORÇA A TOPALL

	Àmbit d'ús espessor e	Separació g	Angle β	Topall t
Cantonades escairades	4-10mm	2mm	-	-
Preparació en V.	>10-15mm	2.5mm	60°	-
Preparació en X.	>15-40mm	3mm	60°	0-3mm
Preparació en V unilateral	>5-15mm.	2mm.	50°	1.2-2.5 mm
Preparació en K.	>15-40mm.	2mm.	50°	-

AMB DUES CARES ACCESSIBLES. Es soldarà, per cares almenys amb un cordó de preso d'arrel.

AL-0042

#### DETALL SITUACIÓ



**BIS** CONSULTORS BIS ARQUITECTES

DIRECTOR TÈCNIC: DAVID GARCIA, ARQ.  
CAP D'EQUIP: AMPARO LECHE, ARQ. TÈC.  
RBLE. PROJECTES: MARC GUESTA, ARQ.  
COL·LABORADOR: JOSEP BAQUER, ARQ. TÈC.

EXPEDIENT BIS 3085

MEMBRE Nº 53

L-0012

**INCASOL**  
Institut Català de Sol

GENERALITAT DE CATALUNYA  
Departament de Cultura  
Departament de Política Territorial  
i Obres Públiques  
Direcció General  
d'Arquitectura i Paisatge  
Direcció General  
del Patrimoni Cultural  
Institut Català del Sol  
Secretaria General Tècnica

#### PROGRAMA DE L'Ú PER CENT CULTURAL

MEMBRE D'ACTIVACIÓ: PARRÒQUIA SANT ANDREU DEL PALOMAR.  
PROJECTE EXECUTIU DE CONSOLIDACIÓ DE CÒPULA.

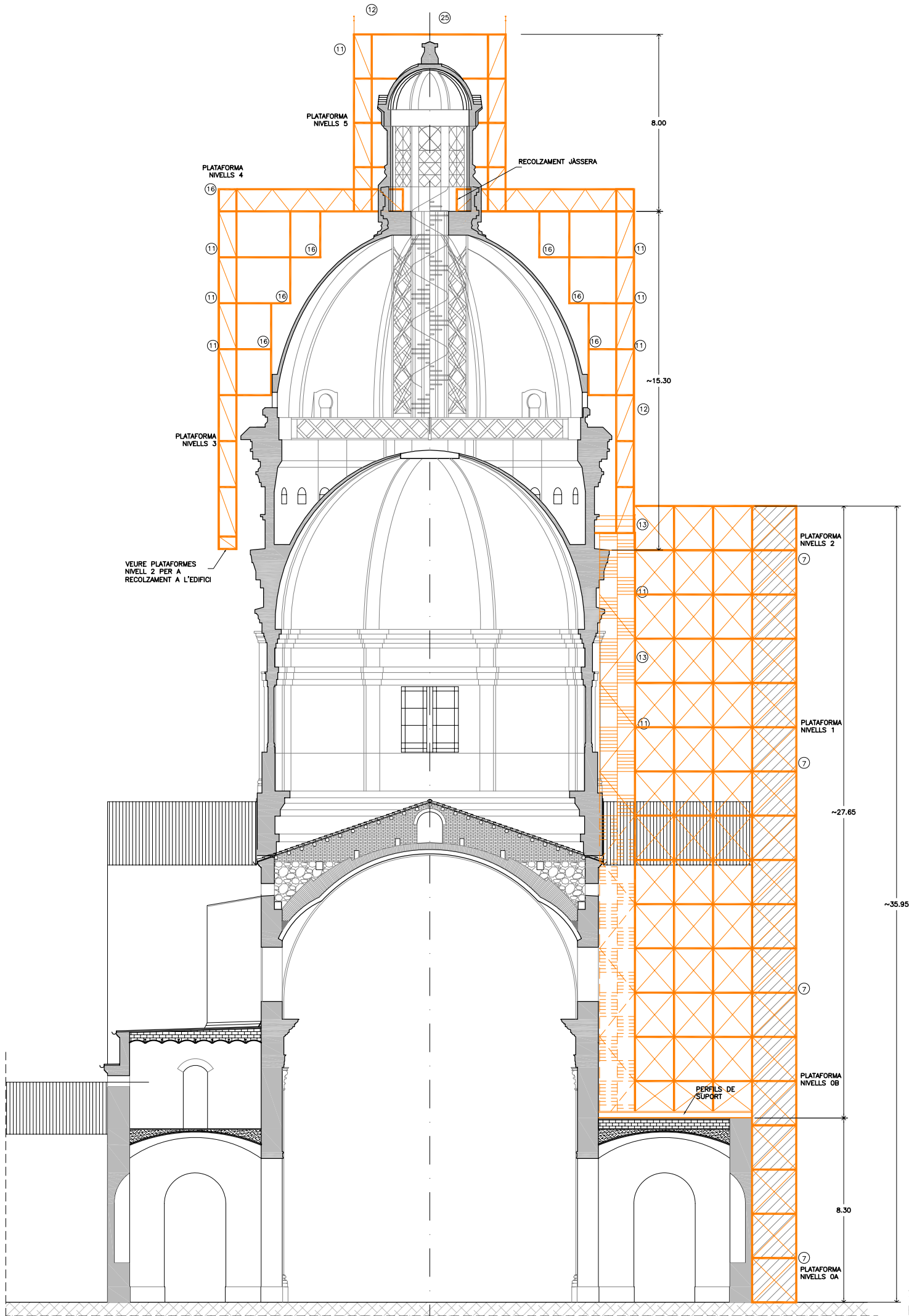
NUMERARI: BARCELONA  
COMARCA: BARCELONÈS  
TÍTOL DEL PLÀNOL: PROJECTE. PASSERA - PLANTA N5  
INTERVENCIÓ PRIORITÀRIES

ARQUITECTE: DAVID GARCIA I CARRERA  
**CONSULTORS BIS ARQUITECTES**

EQUIP COL·LABORADOR

ESCALA: 1/50  
DATA: GENER 2011  
MEM CLAU

NUM. PLÀNOL: P-05  
NUM. TOLA



SECCIÓ BASTIDES 1-2  
ESCALA 1/100

#### SIMBOLOGIA DELS ELEMENTS DE SEGURETAT:

##### GENERALS. -

- 1 - STOP
- 2 - PROHIBIT L'ACCÉS AL PERSONAL ALIÉ A L'OBRA.
- 3 - RETOL INFORMATIU.
- 4 - EXTINTOR.
- 5 - ALARMA.
- 6 - PLATAFORMA DE TREBALL.
- 7 - MUNTACARREGUES.
- 8 - BAIXANT DE RUNA A CONTENIDOR.
- 9 - MARQUESINA DE PROTECCIÓ PROVISIONAL.
- 10 - PROTECCIÓ DE FORATS.
- 11 - INSTAL·LACIÓ DE XARXES DE PROTECCIÓ.
- 12 - BARANES.
- 13 - ESCALES.
- 14 - PROTECCIÓ DE FACANES I FINESTRES.
- 15 - GANXO DE TREBALL.
- 16 - BASTIDA DE TREBALL.
- 17 - SENYALITZACIÓ LLUMINOSA.
- 18 - ENDERROCAMENT VOLUMÈTRIC PER PARTS.
- 19 - TANCAMENT PROVISIONAL INTERIOR D'OBRA.
- 20 - PUNT DE LLUM PROVISIONAL.
- 21 - DESVIACIÓ DEL PAS PEATONAL.
- 22 - CONTENIDOR.
- 23 - DIPÒSIT TERRES OPCIONAL.
- 24 - ANCORATGES DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.
- 25 - TENDALS DE PROTECCIÓ DE PLUJA.
- 26 - RECOLZAMENTS DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.

- TANCA MOBIL.
- TANCAMENT DE PROTECCIÓ
- TANCA DESMONTABLE.
- BARANA DE PROTECCIÓ
- ACCÉS PERSONAL DE L'OBRA.
- SORTIDA-ACCÉS PARC DE TREBALL.
- FOCUS D'ILLUMINACIÓ. (OPCIONAL)
- ESCALA PROVISIONAL
- APUNTALAMENT PROVISIONAL DE MITJANS AUXILIARS
- WC SERVEIS.
- M MENJADORS.
- OF+IN OFICINES I INFERMERIA.
- V VESTIDORS.
- TF TELEFON
- VI VIGILANCIA-CONTROL D'ACCÉS
- A MAGATZEM MATERIAL.
- P APARCAMENT V. PERSONAL.
- MARQUESINA DE PROTECCIÓ.

#### ASPECTES BÀSICS A COMPLIR

- ABANS QUE CAP TIPUS DE MAQUINARIA ACCEDEIXI A LA ZONA DE LES OBRES, EL CAP D'OBRA REALITZARÀ UNA INSPECCIÓ PRÈVIA, MARCANT "IN SITU" I EN UN PLANOL, TOTS ELS PERILLS VISTOS I OCULTS.(XARXES ELEC., DESNIVELLS, ETC...).
- ABANS DE FER EL MUNTATGE DE LA BASTIDA, S'HAN DE VERIFICAR ELS PROJECTES DE MUNTATGE-INSTAL·LACIÓ AMB LA D.F.
- EN TOT FORAT O DESNIVELL QUE ROMANGUI EN ALGUN MOMENT OBERT, S'HI HAURAN DE COL·LOCAR BARANES, I SENYALITZAR I PROTEGIR DEGUDAMENT TOT EL SEU PERIMETRE.
- CALDRA MANTENIR ELS ACCESSOS I PERIMETRE DE L'OBRA SEMPRE NETS I EN BON ESTAT.
- LES ENTRADES I SORTIDES DE VEHICLES DE L'OBRA, SERAN VIGILADES I REGULADES PER PERSONAL DE LA MATEIXA.
- ELS VEHICLES I MAQUINARIA EN GENERAL, SORTIRAN DE L'OBRA AMB LES RODES NETES I LA CARREGA PROTEGIDA AMB TENDALS.
- ELS PASSOS DE CIRCULACIÓ INTERIOR SERAN SEMPRE NETS, SENYALITZATS, I EXENTS D'OBSTACLES, I ACORDATS AMB LA PROPIETAT I D.F..
- LES ESCOMESES O PASSOS D'INSTAL·LACIONS, PROVISIONALS O DEFINITIVS, ES SENYALARAN I PROTEGIRAN SEGONS LES NORMATIVES VIGENTS.
- L'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA PROVISIONAL O D'OBRA COMPLIRÀ EN TOT MOMENT LA NORMATIVA VIGENT (R.E.B.T.). I LES ORDENANCES.
- NO ES PERMES DE CREMAR RESTES DE MATERIAL COMBUSTIBLE A L'OBRA.
- ES FARA DIARIAMENT LA RECOL·LIDA SELECTIVA DE BROSSA.
- ELS VESTIDORS I SERVEIS, ES NETEJARAN DIARIAMENT.
- LES AIGÜES FECALS ES RECOL·LIRAN EN DIPÒSITS HERMÈTICS PER TAL DE RENOVAR-LES, O BE ES CONNECTARAN AL CLAVEGUERAM ADIENT.
- S'INSTAL·LARAN CARTELLS ALS PRINCIPALS CARRERS DE LES RODALIES, PER TAL DE FACILITAR L'ACCÉS A L'OBRA I LA IDENTIFICACIÓ DE LA MATEIXA.
- ES CREARÀ UNA BRIGADA DE SEGURETAT QUE VETLLARÀ I CONTROLARÀ EL MATERIAL I LES EINES, FENT-NE PALES, DIARIAMENT, EL SEU ESTAT. AIXÍ MATEIX, EN ACABAR LA JORNADA, INSPECCIONARÀ I REPASSARÀ TOTS ELS MITJANS DE SEGURETAT.
- ES VETLLARÀ EN TOT MOMENT PER INTIMITAT I BENESTAR DELS VEÏNS DE FINQUES COLINDANTS.
- S'ILLUMINARAN LES ZONES DE TREBALL I DE COMUNICACIÓ INTERIOR QUE HO PRECISIN.
- ES FARA UN SEGUIMENT DIARI DE TOTES LES FISSURES I ESQUERDES DE L'ÀMBIT D'ACTUACIÓ I ACTUACIONS EN L'EDIFICI EXISTENT AFECTAT.
- LES PROTECCIONS EN ELS ACCESOS I RECORREGUTS SERAN SENYALITZADES I ILLUMINADES.
- LES SORTIDES D'EMERGENCIA ESTARAN SEMPRE NETES I SENSE OBSTACLES.
- EN ELS LLOCS DE CARREGA I DESCARREGA DE CAMIONS I MAQUINARIA PESADA, ES COL·LOCARAN TOPALLS DE PROTECCIÓ I AVISOS EN LA SEVA TRAJECTÒRIA.
- A MÉS DE LA ILLUMINACIÓ PRÒPIA DE L'OBRA EN ALCADA, TOTES LES ZONES FOSQUES DE L'EDIFICI DISPOSARAN D'ILLUMINACIÓ.(TAN INTERIORS COM EXTERIORS)
- S'HAN DE PROTEGIR ELS BUITS DELS EDIFICIS EXISTENTS, AIXÍ COM LA INSTAL·LACIÓ DE XARXES I BARANES.
- S'UTILITZARÀ MAQUINÀRIA QUE NO TRANSMETI VIBRACIONS.
- LES BASTIDES AMB ACCÉS AL CARRER TINDRAN ALARMA I SISTEMES QUE IMPEDEIXEN EL SEU ACCÉS O UTILITATS EN HORARI NO LABORAL.
- TOTS ELS TREBALLS ESTARAN SEMPRE COORDINATS AMB LA PROPIETAT I LA D.F.
- ELS CONDICIONANTS DE PASOS I DERIVACIONS INTERIORS HAN DE SOTMETRE'S AL VIST-I-PLAU DE LA PROPIETAT I DE LA D.F.
- ELS TREBALLS D'EXCAVACIÓ I ALTRES QUE PUGUIN GENERAR SOROLLS O MOLÈSTIES INDIRECTES ALS VEÏNS S'HAN DE COORDINAR
- TOTS ELS RECORREGUTS DE L'EDIFICI ON TINGUI INCIDENCIA LES OBRES, TINDRAN SENYALITZACIONS I CARTELLS INFORMATIUS.
- L'ÀMBIT D'UBICACIÓ I MANTENIMENT DE BARRACONS SERÀ SEMPRE EL MATEIX, ADAPTANT-LO A L'ESTRUCTURA I FACILITANT EL SEU ACCÉS (PER L'INTERIOR DE L'EDIFICI O PER UNA ESCALA EN LA MATEIXA BASTIDA).
- COMPROVAR ELS SISTEMES CONSTRUCTIUS DE L'ÀMBIT DE RECOLZAMENT DE LA BASTIDA.

#### HOSPITALS - CENTRES D'ASSISTÈNCIA.

- CIUTAT SANITÀRIA VALL D'HEBRON  
PASSEIG VALL D'HEBRON, 129.  
TELÈFONS: 93 418 34 00 / 93 427 20 00
- HOSPITAL SANTA CREU I SANT PAU  
SANT ANTONI MARIA CLARET, 167.  
TELÈFONS: 93 291 90 00
- HOSPITAL GERMANS TRIAS I PUJOL  
CARRETERA DEL CANYET CAN RUTÍ.  
TELÈFON: 93 465 12 00
- CAP "SANT ANDREU"  
AVDA. MERIDIANA, 428.  
TELÈFON: 93 274 54 90

#### NOTA CONDICIONS DE LES BASTIDES

ES PREVEU LA CONSTRUCCIÓ DE 8 BASTIDES PRINCIPALS I UNA MARQUESINA:

1. BASTIDA CÚPULA I CÚPULI.
2. BASTIDA D'ACCÉS A BASTIDA 1.
3. BASTIDA INTERIOR CÚPULA.
4. BASTIDA FAÇANA NORD EXTERIOR.
5. BASTIDA FAÇANA NORD INTERIOR.
6. BASTIDA ABSIS EXTERIOR.
7. BASTIDA ABSIS INTERIOR.
8. BASTIDA CÚPULA INTERIOR.
9. MARQUESINA.

1. BASTIDA CÚPULA I CÚPULI:
  - ES RECOLZARÀ SOBRE ELS MURS DE CÀRREGA DEL TAMBOR QUADRAT.
  - TAMBÉ PODRÀ RECOLZAR SOBRE LA BASE DE LA LLANTERNA UN COP RETIRADES LES BARANES.
  - EN CAP CAS ES RECOLZARÀ SOBRE LA LLANTERNA, FORJAT O COBERTA NI LA VOLTA.
  - AQUESTA BASTIDA ES PODRÀ ARRIOSTRAR HORIZONTALMENT LLIGANT-LA A L'EDIFICI EXISTENT.
2. BASTIDA D'ACCÉS A BASTIDA 1:
  - ES RECOLZARÀ SOBRE ELS MURS DE CÀRREGA DE LA SAGRISTIA.
  - EN CAP CAS ES RECOLZARÀ SOBRE LA LLANTERNA, FORJAT O COBERTA NI LA VOLTA.
  - AQUESTA BASTIDA ES PODRÀ ARRIOSTRAR HORIZONTALMENT LLIGANT-LA A L'EDIFICI EXISTENT.



GENERALITAT DE CATALUNYA  
Departament de Cultura  
Departament de Política Territorial  
i Obres Públiques  
Direcció General  
d'Arquitectura i Paisatge  
Direcció General  
del Patrimoni Cultural  
Institut Català del Sòl  
Secretaria General Tècnica

#### PROGRAMA DE LÚ PER CENT CULTURAL

NOI DE L'ACTUACIÓ: 1148

PARRÒQUIA SANT ANDREU DEL PALOMAR.  
PROJECTE EXECUTIU DE CONSOLIDACIÓ  
DE CÚPULA.

MUNICIPI:  
BARCELONA

CORRERA:  
BARCELONÈS

TÍTOL DEL PLÀNOL:  
S.S. INTERVENCIÓ PRIORITÀRIES  
BASTIDES 1 I 2: SECCIÓ

ARQUITECTE:  
DAVID GARCIA I CARRERA

CONSULTORS  ARQUITECTES

EQUIP COL·LABORADOR:

ESCALA:  
1/100

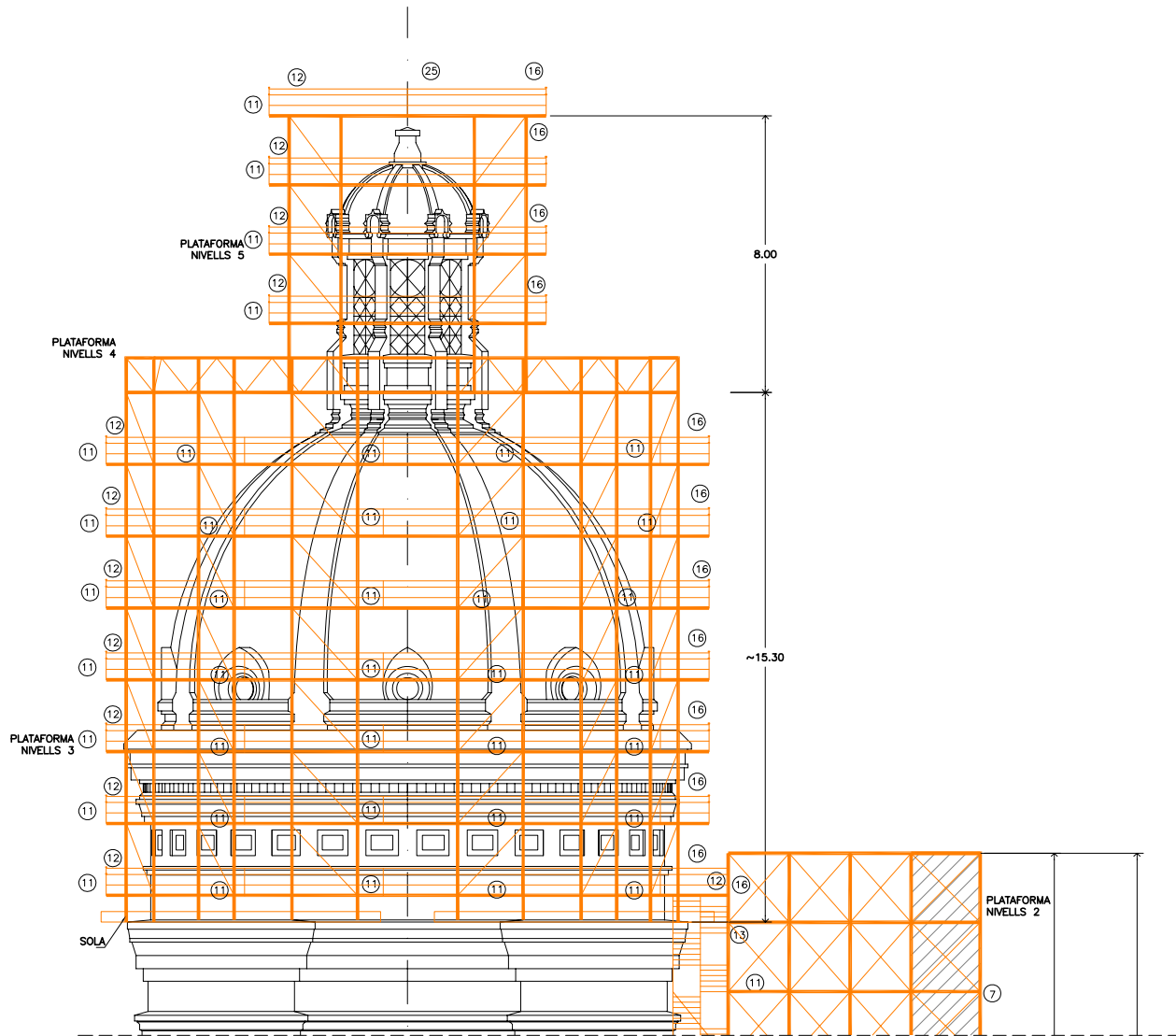
NUM. PLÀNOL:  
SS-12

DATA:  
GENER 2011

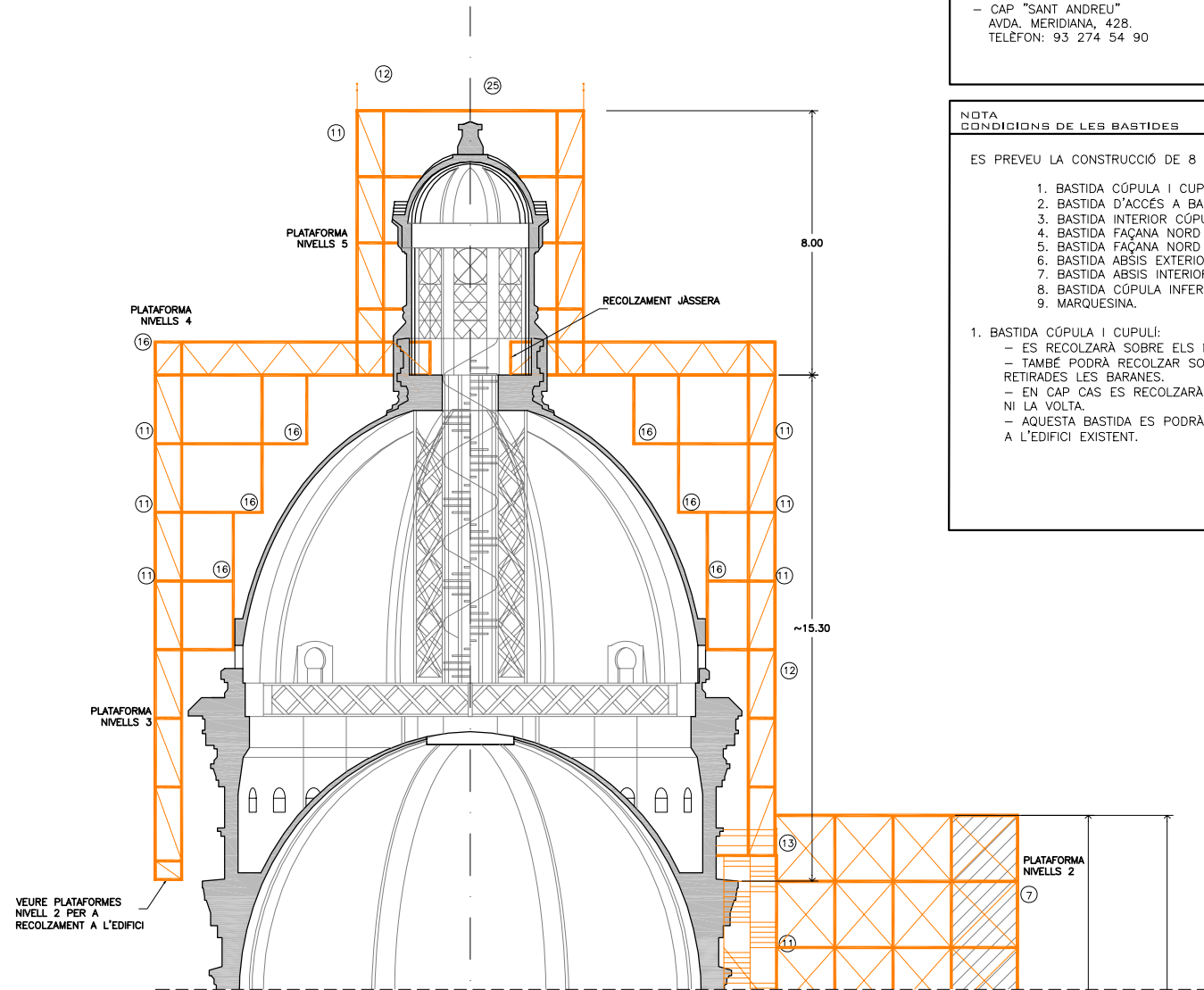
NUM. TOLA:

NUM. CLAU:





ALÇAT BASTIDA 1  
ESCALA 1/100



SECCIÓ BASTIDA 1  
ESCALA 1/100

#### HOSPITALS - CENTRES D'ASSISTÈNCIA.

- CIUTAT SANITÀRIA VALL D'HEBRON  
PASSEIG VALL D'HEBRON, 129.  
TELÈFONS: 93 418 34 00 / 93 427 20 00
- HOSPITAL SANTA CREU I SANT PAU  
SANT ANTONI MARIA CLARET, 167.  
TELÈFONS: 93 291 90 00
- HOSPITAL GERMANS TRIAS I PUJOL  
CARRETERA DEL CANYET CAN RUTÍ.  
TELÈFON: 93 465 12 00
- CAP "SANT ANDREU"  
AVDA. MERIDIANA, 428.  
TELÈFON: 93 274 54 90

#### NOTA CONDICIONS DE LES BASTIDES

ES PREVEU LA CONSTRUCCIÓ DE 8 BASTIDES PRINCIPALS I UNA MARQUESINA:

1. BASTIDA CÚPULA I CUPULÍ.
  2. BASTIDA D'ACCÉS A BASTIDA 1.
  3. BASTIDA INTERIOR CÚPULA.
  4. BASTIDA FAÇANA NORD EXTERIOR.
  5. BASTIDA FAÇANA NORD INTERIOR.
  6. BASTIDA ABSIS EXTERIOR.
  7. BASTIDA ABSIS INTERIOR.
  8. BASTIDA CÚPULA INTERIOR.
  9. MARQUESINA.
1. BASTIDA CÚPULA I CUPULÍ:
- ES RECOLZARÀ SOBRE ELS MURS DE CÀRREGA DEL TAMBOR QUADRAT.
  - TAMBÉ PODRÀ RECOLZAR SOBRE LA BASE DE LA LLANTERNA UN COP RETIRADES LES BARANES.
  - EN CAP CAS ES RECOLZARÀ SOBRE LA LLANTERNA, FORJAT O COBERTA NI LA VOLTA.
  - AQUESTA BASTIDA ES PODRÀ ARRIOSTRAR HORIZONTALMENT LLIGANT-LA A L'EDIFICI EXISTENT.



#### SIMBOLOGIA DELS ELEMENTS DE SEGURETAT:

##### GENERALS. -

- 1 - STOP
- 2 - PROHIBIT L'ACCÉS AL PERSONAL ALIE A L'OBRA.
- 3 - RETOL INFORMATIU.
- 4 - EXTINTOR.
- 5 - ALARMA.
- 6 - PLATAFORMA DE TREBALL.
- 7 - MUNTACARREGUES.
- 8 - BAIXANT DE RUNA A CONTENIDOR.
- 9 - MARQUESINA DE PROTECCIÓ PROVISIONAL.
- 10 - PROTECCIÓ DE FORATS.
- 11 - INSTAL·LACIÓ DE XARXES DE PROTECCIÓ.
- 12 - BARANES.
- 13 - ESCALES.
- 14 - PROTECCIÓ DE FACANES I FINESTRES.
- 15 - GANXO DE TREBALL.
- 16 - BASTIDA DE TREBALL.
- 17 - SENYALITZACIÓ LLUMINOSA.
- 18 - ENDERROCAMENT VOLUMÈTRIC PER PARTS.
- 19 - TANCAMENT PROVISIONAL INTERIOR D'OBRA.
- 20 - PUNT DE LLUM PROVISIONAL.
- 21 - DESVIACIÓ DEL PAS PEATONAL.
- 22 - CONTENIDOR.
- 23 - DIPÒSIT TERRES OPCIONAL.
- 24 - ANCORATGES DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.
- 25 - TENDALS DE PROTECCIÓ DE PLUJA.
- 26 - RECOLZAMENTS DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.

	TANCA MOBIL.		
	TANCAMENT DE PROTECCIÓ		
	TANCA DESMONTABLE.		
	BARANA DE PROTECCIÓ		
	ACCÉS PERSONAL DE L'OBRA.		
	SORTIDA-ACCÉS PARC DE TREBALL.		
	FOCUS D'ILLUMINACIÓ. (OPCIONAL)		
	ESCALA PROVISIONAL		
	APUNTALAMENT PROVISIONAL DE MITJANS AUXILIARS		
	WC		
	SERVEIS.		VIGILÀNCIA-CONTROL D'ACCÉS
	MENJADORS.		MAGATZEM MATERIAL.
	OFICINES I INFERMERIA.		APARCAMENT V. PERSONAL.
	VESTIDORS.		MARQUESINA DE PROTECCIÓ.
	TELEFON		

#### ASPECTES BÀSICS A COMPLIR

- ABANS QUE CAP TIPUS DE MAQUINARIA ACCEDEIXI A LA ZONA DE LES OBRES, EL CAP D'OBRA REALITZARÀ UNA INSPECCIÓ PREVIA, MARCANT "IN SITU" I EN UN PLANOL, TOTS ELS PERILLS VISTOS I OCULTS.(XARXES ELEC., DESNIVELLS, ETC...).
- ABANS DE FER EL MUNTATGE DE LA BASTIDA, S'HAN DE VERIFICAR ELS PROJECTES DE MUNTATGE-INSTAL·LACIÓ AMB LA D.F.
- EN TOT FORAT O DESNIVELL QUE ROMANGUI EN ALGUN MOMENT OBERT, S'HI HAURAN DE COL·LOCAR BARANES, I SENYALITZAR I PROTEGIR DEGUDAMENT TOT EL SEU PERIMETRE.
- CALDRA MANTENIR ELS ACCESSOS I PERIMETRE DE L'OBRA SEMPRE NETS I EN BON ESTAT.
- LES ENTRADES I SORTIDES DE VEHICLES DE L'OBRA, SERAN VIGILADES I REGULADES PER PERSONAL DE LA MATEIXA.
- ELS VEHICLES I MAQUINARIA EN GENERAL, SORTIRAN DE L'OBRA AMB LES RODES NETES I LA CÀRREGA PROTEGIDA AMB TENDALS.
- ELS PASSOS DE CIRCULACIÓ INTERIOR SERAN SEMPRE NETS, SENYALITZATS, I EXENTS D'OBSTACLES, I ACORDATS AMB LA PROPIETAT I D.F..
- LES ESCOMESES O PASSOS D'INSTAL·LACIONS, PROVISIONALS O DEFINITIVS, ES SENYALARAN I PROTEGIRAN SEGONS LES NORMATIVES VIGENTS.
- L'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA PROVISIONAL O D'OBRA COMPLIRÀ EN TOT MOMENT LA NORMATIVA VIGENT (R.E.B.T.). I LES ORDENANCES.
- NO ES PERMES DE CREMAR RESTES DE MATERIAL COMBUSTIBLE A L'OBRA.
- ES FARA DIARIAMENT LA RECOLLIDA SELECTIVA DE BROSSA.
- ELS VESTIDORS I SERVEIS, ES NETEJARAN DIARIAMENT.
- LES AIGÜES FECALS ES RECOLLIRAN EN DIPÒSITS HERMÈTICS PER TAL DE RENOVAR-LES, O BE ES CONNECTARAN AL CLAVEGUERAM ADIENT.
- S'INSTAL·LARAN CARTELLS ALS PRINCIPALS CARRERS DE LES RODALIES, PER TAL DE FACILITAR L'ACCÉS A L'OBRA I LA IDENTIFICACIÓ DE LA MATEIXA.
- ES CREARÀ UNA BRIGADA DE SEGURETAT QUE VETLLARÀ I CONTROLARÀ EL MATERIAL I LES EINES, FENT-NE PALES, DIARIAMENT, EL SEU ESTAT, AXI MATEIX, EN ACABAR LA JORNADA, INSPECCIONARÀ I REPASSARÀ TOTS ELS MITJANS DE SEGURETAT.
- ES VETLLARÀ EN TOT MOMENT PER INTIMITAT I BENESTAR DELS VEÏNS DE FINQUES COLINDANTS.
- S'ILLUMINARAN LES ZONES DE TREBALL I DE COMUNICACIÓ INTERIOR QUE HO PRECISIN.
- ES FARA UN SEGUIMENT DIARI DE TOTES LES FISSURES I ESQUERDES DE L'ÀMBIT D'ACTUACIÓ I ACTUACIONS EN L'EDIFICI EXISTENT AFECTAT.
- LES PROTECCIONS EN ELS ACCESOS I RECORREGUTS SERAN SENYALITZADES I ILLUMINADES.
- LES SORTIDES D'EMERGENCIA ESTARAN SEMPRE NETES I SENSE OBSTACLES.
- EN ELS LLOCS DE CÀRREGA I DESCÀRREGA DE CAMIONS I MAQUINÀRIA PESADA, ES COL·LOCARAN TOPALLS DE PROTECCIÓ I AVISOS EN LA SEVA TRAJECTORIA.
- A MÉS DE LA ILLUMINACIÓ PROPIA DE L'OBRA EN ALCADA, TOTES LES ZONES FOSQUES DE L'EDIFICI DISPOSARAN D'ILLUMINACIÓ.(TAN INTERIORS COM EXTERIORS)
- S'HAN DE PROTEGIR ELS BUITS DELS EDIFICIS EXISTENTS, AIXÍ COM LA INSTAL·LACIÓ DE XARXES I BARANES.
- S'UTILITZARÀ MAQUINÀRIA QUE NO TRANSMETI VIBRACIONS.
- LES BASTIDES AMB ACCÉS AL CARRER TINDRAN ALARMA I SISTEMES QUE IMPEDEIXEN EL SEU ACCÉS O UTILITATS EN HORARI NO LABORAL.
- TOTS ELS TREBALLS ESTARAN SEMPRE COORDINATS AMB LA PROPIETAT I LA D.F.
- ELS CONDICIONANTS DE PASOS I DERIVACIONS INTERIORS HAN DE SOTMETRE'S AL VIST-I-PLAU DE LA PROPIETAT I DE LA D.F.
- ELS TREBALLS D'EXCAVACIÓ I ALTRES QUE PUGUIN GENERAR SOROLLS O MOLÈSTIES INDIRECTES ALS VEÏNS S'HAURAN DE COORDINAR
- TOTS ELS RECORREGUTS DE L'EDIFICI ON TINGUI INCIDÈNCIA LES OBRES, TINDRAN SENYALITZACIONS I CARTELLS INFORMATIUS.
- L'ÀMBIT D'UBICACIÓ I MANTENIMENT DE BARRACONS SERÀ SEMPRE EL MATEIX, ADAPTANT-LO A L'ESTRUCTURA I FACILITANT EL SEU ACCÉS (PER L'INTERIOR DE L'EDIFICI O PER UNA ESCALA EN LA MATEIXA BASTIDA).
- COMPROVAR ELS SISTEMES CONSTRUCTIUS DE L'ÀMBIT DE RECOLZAMENT DE LA BASTIDA.



GENERALITAT DE CATALUNYA  
Departament de Cultura  
Departament de Política Territorial  
i Obres Públiques  
Direcció General  
d'Arquitectura i Paisatge  
Direcció General  
del Patrimoni Cultural  
Institut Català del Sòl  
Secretaria General Tècnica

#### PROGRAMA DE L'Ú PER CENT CULTURAL

MEME DE L'ACTUACIÓ: 1488

PARROQUIA SANT ANDREU DEL PALOMAR.  
PROJECTE EXECUTIU DE CONSOLIDACIÓ  
DE CÚPULA.

NUMER  
BARCELONA

CORRERA  
BARCELONÈS

TÍTOL DEL PLÀNOL:  
S.S. INTERVENCIÓ PRIORITÀRIE  
BASTIDA 1: SECCIÓ I ALÇAT

ARQUITECTE  
DAVID GARCIA I CARRERA

CONSULTORS BIS ARQUITECTES

EQUIP COL·LABORADOR

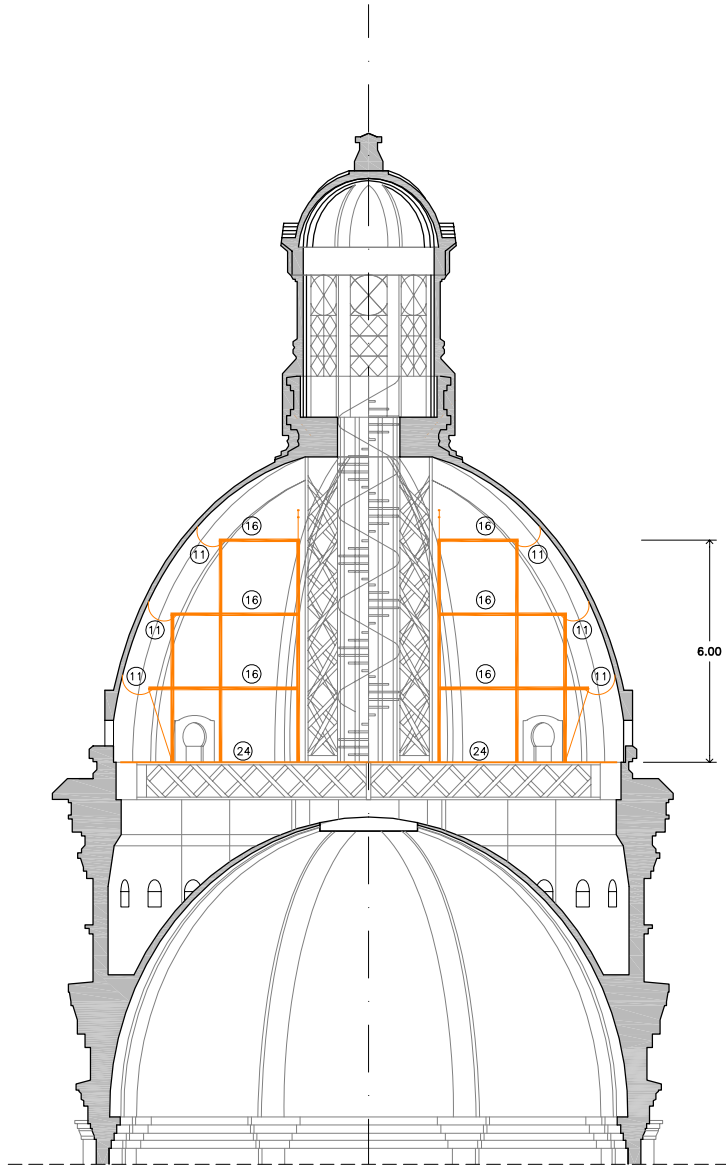
ESCALA  
1/100

NUM. PLÀNOL: SS-04

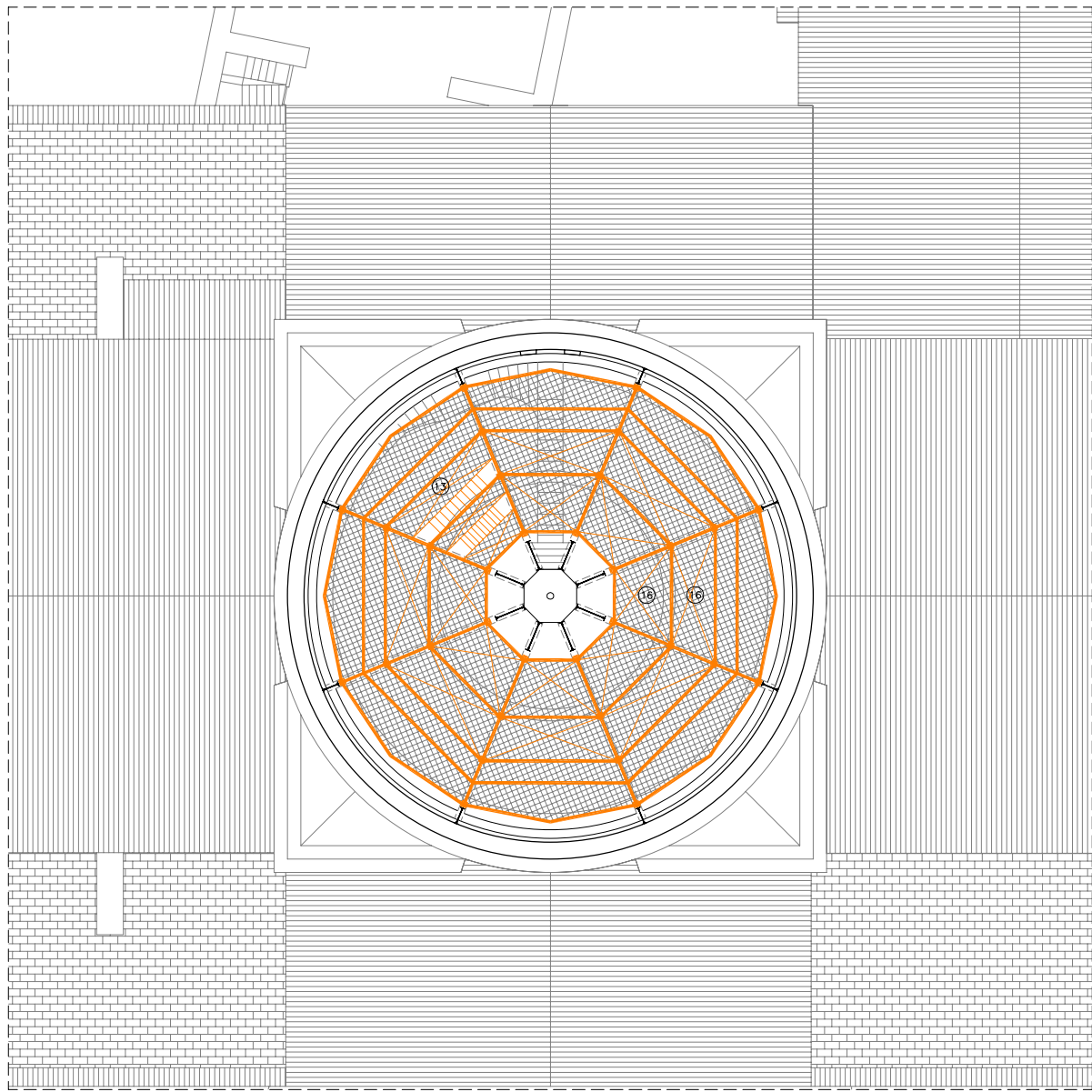
DATA:  
GENER 2011

NUM. TOLA

NUM. CLAU



ALÇAT BASTIDA 3  
ESCALA 1/100



PLANTA BASTIDA 3  
ESCALA 1/100

#### HOSPITALS - CENTRES D'ASSISTÈNCIA.

- CIUTAT SANITÀRIA VALL D'HEBRON  
PASSEIG VALL D'HEBRON, 129.  
TELÈFONS: 93 418 34 00 / 93 427 20 00
- HOSPITAL SANTA CREU I SANT PAU  
SANT ANTONI MARIA CLARET, 167.  
TELÈFONS: 93 291 90 00
- HOSPITAL GERMANS TRIAS I PUJOL  
CARRETERA DEL CANYET CAN RUTÍ.  
TELÈFON: 93 465 12 00
- CAP "SANT ANDREU"  
AVDA. MERIDIANA, 428.  
TELÈFON: 93 274 54 90

#### NOTA CONDICIONS DE LES BASTIDES

ES PREVEU LA CONSTRUCCIÓ DE 8 BASTIDES PRINCIPALS I UNA MARQUESINA:

- BASTIDA CÚPULA I CÚPULI.
- BASTIDA D'ACCÉS A BASTIDA 1.
- BASTIDA INTERIOR CÚPULA.
- BASTIDA FAÇANA NORD EXTERIOR.
- BASTIDA FAÇANA NORD INTERIOR.
- BASTIDA ABSIS EXTERIOR.
- BASTIDA ABSIS INTERIOR.
- BASTIDA CÚPULA INFERIOR.
- MARQUESINA.

3. BASTIDA INTERIOR CÚPULA:
- AQUESTA BASTIDA ES RECOLZARÀ SOBRE LES JÀSSERES METAL·LIQUES EXISTENTS.
  - EN CAP CAS ES RECOLZARÀ SOBRE LA CÚPULA INFERIOR.

**BIS** CONSULTORS BIS ARQUITECTES

DIRECTOR TÈCNIC DAVID GARCIA, ARQ.  
CAP D'EQUIP AMPARO LECHE, ARQ. TÈC.  
RBLE. PROJECTES MARC CUESTA, ARQ.  
COL·LABORADOR JOSEP BAQUER, ARQ. TÈC.

ASSOCIACIÓ DE CONSULTORS D'ESTRUCTURES

EXPEDIENT BIS 3085

FECHER 11/03

L-0010



GENERALITAT DE CATALUNYA  
Departament de Cultura  
Departament de Política Territorial  
i Obres Públiques  
Direcció General  
d'Arquitectura i Paisatge  
Direcció General  
del Patrimoni Cultural  
Institut Català del Sòl  
Secretaria General Tècnica

#### PROGRAMA DE L'Ú PER CENT CULTURAL

NOI DE L'ACTUACIÓ: 11/03

PARRÒQUIA SANT ANDREU DEL PALOMAR.  
PROJECTE EXECUTIU DE CONSOLIDACIÓ  
DE CÚPULA.

NUMER  
BARCELONA

CORRECC  
BARCELONÈS

TÍTOL DEL PLÀNOL  
S.S. INTERVENCIÓ PRIORITÀRIES  
BASTIDA 3

ARQUITECTE  
DAVID GARCIA I CARRERA

CONSULTORS **BIS** ARQUITECTES

EQUIP COL·LABORADOR

ESCALA  
1/100

NOI PLÀNOL  
SS-13

DATA  
GENER 2011

NOI CLAU

#### SIMBOLOGIA DELS ELEMENTS DE SEGURETAT:

##### GENERALS. -

- 1 - STOP
- 2 - PROHIBIT L'ACCÉS AL PERSONAL ALIÉ A L'OBRA.
- 3 - RETOL INFORMATIU.
- 4 - EXTINTOR.
- 5 - ALARMA.
- 6 - PLATAFORMA DE TREBALL.
- 7 - MUNTACARREGUES.
- 8 - BAIXANT DE RUJA A CONTENIDOR.
- 9 - MARQUESINA DE PROTECCIÓ PROVISIONAL.
- 10 - PROTECCIÓ DE FORATS.
- 11 - INSTAL·LACIÓ DE XARXES DE PROTECCIÓ.
- 12 - BARANES.
- 13 - ESCALES.
- 14 - PROTECCIÓ DE FACANES I FINESTRES.
- 15 - GANXO DE TREBALL.
- 16 - BASTIDA DE TREBALL.
- 17 - SENYALITZACIÓ LLUMINOSA.
- 18 - ENDERROCAMENT VOLUMÈTRIC PER PARTS.
- 19 - TANCAMENT PROVISIONAL INTERIOR D'OBRA.
- 20 - PUNT DE LLUM PROVISIONAL.
- 21 - DESVIACIÓ DEL PAS PEATONAL.
- 22 - CONTENIDOR.
- 23 - DIPÒSIT TERRES OPCIONAL.
- 24 - ANCORATGES DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.
- 25 - TENDALS DE PROTECCIÓ DE PLUJA.
- 26 - RECOLZAMENTS DE LA BASTIDA A L'EDIFICI.

- TANCA MOBIL.
- TANCAMENT DE PROTECCIÓ.
- TANCA DESMONTABLE.
- BARANA DE PROTECCIÓ.
- ACCÉS PERSONAL DE L'OBRA.
- SORTIDA-ACCÉS PARC DE TREBALL.
- FOCUS D'ILLUMINACIÓ. (OPCIONAL)
- ESCALA PROVISIONAL.
- APUNTALAMENT PROVISIONAL DE MITJANS AUXILIARS.
- WC SERVEIS.
- M MENJADORS.
- OF+INFERMERIA.
- V VESTIDORS.
- TF TELEFON.
- VI VIGILÀNCIA-CONTROL D'ACCÉS.
- A MAGATZEM MATERIAL.
- P APARCAMENT V. PERSONAL.
- MARQUESINA DE PROTECCIÓ.

#### ASPECTES BÀSICS A COMPLIR

- ABANS QUE CAP TIPUS DE MAQUINARIA ACCEDEIXI A LA ZONA DE LES OBRES, EL CAP D'OBRA REALITZARÀ UNA INSPECCIÓ PREVIA, MARCANT "IN SITU" I EN UN PLANOL, TOTS ELS PERILLS VISTOS I OCULTS.(XARXES ELEC., DESNIVELLS, ETC...).
- ABANS DE FER EL MUNTATGE DE LA BASTIDA, S'HAN DE VERIFICAR ELS PROJECTES DE MUNTATGE-INSTAL·LACIÓ AMB LA D.F.
- EN TOT FORAT O DESNIVELL QUE ROMANGUI EN ALGUN MOMENT OBERT, S'HI HAURAN DE COL·LOCAR BARANES, I SENYALITZAR I PROTEGIR DEGUDAMENT TOT EL SEU PERIMETRE.
- CALDRÀ MANTENIR ELS ACCESSOS I PERIMETRE DE L'OBRA SEMPRE NETS I EN BON ESTAT.
- LES ENTRADES I SORTIDES DE VEHICLES DE L'OBRA, SERAN VIGILADES I REGULADES PER PERSONAL DE LA MATEIXA.
- ELS VEHICLES I MAQUINARIA EN GENERAL, SORTIRAN DE L'OBRA AMB LES RODES NETES I LA CARREGA PROTEGIDA AMB TENDALS.
- ELS PASSOS DE CIRCULACIÓ INTERIOR SERAN SEMPRE NETS, SENYALITZATS, I EXENTS D'OBSTACLES, I ACORDATS AMB LA PROPIETAT I D.F..
- LES ESCOMESES O PASSOS D'INSTAL·LACIONS, PROVISIONALS O DEFINITIVS, ES SENYALARAN I PROTEGIRAN SEGONS LES NORMATIVES VIGENTS.
- L'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA PROVISIONAL O D'OBRA COMPLIRÀ EN TOT MOMENT LA NORMATIVA VIGENT (R.E.B.T.). I LES ORDENANCES.
- NO ES PERMES DE CREMAR RESTES DE MATERIAL COMBUSTIBLE A L'OBRA.
- ES FARA DIARIAMENT LA RECOLLIDA SELECTIVA DE BROSSA.
- ELS VESTIDORS I SERVEIS, ES NETEJARAN DIARIAMENT.
- LES AIGÜES FECALS ES RECOLLIRAN EN DIPÒSITS HERMÈTICS PER TAL DE RENOVAR-LES, O BE ES CONNECTARAN AL CLAVEGUERAM ADIENT.
- S'INSTAL·LARAN CARTELLS ALS PRINCIPALS CARRERS DE LES RODALIES, PER TAL DE FACILITAR L'ACCÉS A L'OBRA I LA IDENTIFICACIÓ DE LA MATEIXA.
- ES CREARÀ UNA BRIGADA DE SEGURETAT QUE VETLLARÀ I CONTROLARÀ EL MATERIAL I LES EINES, FENT-NE PALES, DIARIAMENT, EL SEU ESTAT. AXI MATEIX, EN ACABAR LA JORNADA, INSPECCIONARÀ I REPASSARÀ TOTS ELS MITJANS DE SEGURETAT.
- ES VETLLARÀ EN TOT MOMENT PER INTIMITAT I BENESTAR DELS VEÏNS DE FINQUES COLINDANTS.
- S'ILLUMINARAN LES ZONES DE TREBALL I DE COMUNICACIÓ INTERIOR QUE HO PRECISIN.
- ES FARA UN SEGUIMENT DIARI DE TOTES LES FISSURES I ESQUERDES DE L'ÀMBIT D'ACTUACIÓ I ACTUACIONS EN L'EDIFICI EXISTENT AFECTAT.
- LES PROTECCIONS EN ELS ACCESOS I RECORREGUTS SERAN SENYALITZADES I ILLUMINADES.
- LES SORTIDES D'EMERGENCIA ESTARAN SEMPRE NETES I SENSE OBSTACLES.
- EN ELS LLOCS DE CARREGA I DESCARREGA DE CAMIONS I MAQUINARIA PESADA, ES COL·LOCARAN TOPALLS DE PROTECCIÓ I AVISOS EN LA SEVA TRAJECTORIA.
- A MÉS DE LA ILLUMINACIÓ PROPIA DE L'OBRA EN ALCADA, TOTES LES ZONES FOSQUES DE L'EDIFICI DISPOSARAN D'ILLUMINACIÓ.(TAN INTERIORS COM EXTERIORS)
- S'HAN DE PROTEGIR ELS BUITS DELS EDIFICIS EXISTENTS, AIXÍ COM LA INSTAL·LACIÓ DE XARXES I BARANES.
- S'UTILITZARÀ MAQUINÀRIA QUE NO TRANSMETI VIBRACIONS.
- LES BASTIDES AMB ACCÉS AL CARRER TINDRAN ALARMA I SISTEMES QUE IMPEDEIXEN EL SEU ACCÉS O UTILITATS EN HORARI NO LABORAL.
- TOTS ELS TREBALLS ESTARAN SEMPRE COORDINATS AMB LA PROPIETAT I LA D.F.
- ELS CONDICIONANTS DE PASOS I DERIVACIONS INTERIORS HAN DE SOTMETRE'S AL VIST-I-PLAU DE LA PROPIETAT I DE LA D.F.
- ELS TREBALLS D'EXCAVACIÓ I ALTRES QUE PUGUIN GENERAR SOROLLS O MOLÈSTIES INDIRECTES ALS VEÏNS S'HAURAN DE COORDINAR
- TOTS ELS RECORREGUTS DE L'EDIFICI ON TINGUI INCIDÈNCIA LES OBRES, TINDRAN SENYALITZACIONS I CARTELLS INFORMATIUS.
- L'ÀMBIT D'UBICACIÓ I MANTENIMENT DE BARRACONS SERÀ SEMPRE EL MATEIX, ADAPTANT-LO A L'ESTRUCTURA I FACILITANT EL SEU ACCÉS (PER L'INTERIOR DE L'EDIFICI O PER UNA ESCALA EN LA MATEIXA BASTIDA).
- COMPROVAR ELS SISTEMES CONSTRUCTIUS DE L'ÀMBIT DE RECOLZAMENT DE LA BASTIDA.